

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»;

Андрущак 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

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

ISBN 978-966-940-673-6

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 ґрунтів	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 ЗАЗНАЛИ 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.

РОЗДІЛ 1.

СУЧАСНИЙ СТАН ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

1.1. Аналіз стану з попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури у провідних країнах світу

Необхідність проведення комплексних досліджень із забезпечення безпеки населення та оцінки впливу техногенного забруднення довкілля відзначається в [1, 2]. Зокрема, наголошується, що до основних заходів захисту населення і територій відноситься спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою, який забезпечується «організацією збору, опрацювання і передачі інформації про стан довкілля, забруднення продуктів харчування, харчової сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами та інфекційними мікроорганізмами». Державний нагляд та контроль з метою перевірки повноти і якості заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення готовності органів управління, сил і засобів системи захисту населення і територій, посадових осіб до дій у разі виникнення цих ситуацій полягає, у тому числі й у забезпеченні «охорони довкілля та збереження природних ресурсів, додержання порядку і умов користування надрами з метою запобігання небезпечним екологічним і геологічним процесам».

За інформацією Національного інституту стратегічних досліджень [3] забруднення поверхневих вод України відноситься до еколого-техногенних проблем національного рівня, вирішення яких потребує серед іншого «створення української системи моніторингу і управління в сфері екологічної безпеки як сегменту глобальної мережі екологічного моніторингу на основі сучасних технологій». Як складова цієї проблеми виступає недостатність використання розвіданих запасів та перспективних ресурсів підземних вод для питного водопостачання населення, що, в свою чергу, робить необхідним

ідентифікацію та подальше дослідження стану ґрунтів та ґрунтових вод. Тобто, поверхневі та підземні води розглядаються в контексті необхідності або можливості їх використання для питного водопостачання населення держави. Для вирішення проблем техногенного походження глобального рівня, зокрема, змін клімату, цим документом пропонується превентивна діяльність й в напрямку водних ресурсів.

Постійне збільшення в світі кількості надзвичайних ситуацій техногенного походження [4], зокрема, зростання темпів їх виникнення, як в абсолютних величинах, так і порівняно з природними катастрофами [5], вказує на необхідність більш детального вивчення питань забезпечення цивільної безпеки на техногенних об'єктах. Як важливий елемент готовності до подібних надзвичайних ситуацій Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) відносить раннє попередження та необхідність достатніх технологічних ресурсів [6]. В керівництві ВООЗ [7] серед інструментів планування підготовки до лих міститься в тому числі й інформація про системи раннього попередження та інструменти захисту від небезпек при лихах. Згідно доповіді Організації Об'єднаних Націй (ООН) [8] важливим запобіганням техногенних небезпек є раннє попередження про них, яке повинно бачитися на різних рівнях та з різними поняттями та інструментами, в тому числі з урахуванням тривалого впливу та короткочасних наслідків.

В США у відповідь на занепокоєння щодо небезпек для навколишнього середовища та небезпек, спричинених зберіганням та поводженням з токсичними хімічними речовинами [9] був прийнятий в 1986 р. Закон про планування надзвичайних ситуацій та право на знання громади (EPCRA). Хоча при цьому більша увага приділяється небезпекам, пов'язаним з витоком нафти [10], аніж небезпекам з іншими хімічними речовинами.

Закон про збереження та відновлення ресурсів (RCRA) [11], розроблений Агентством охорони навколишнього природного середовища США (Environmental Protection Agency - EPA) [12] регламентує рамки для належного поводження з небезпечними та не небезпечними твердими відходами [13],

місця зберігання яких можуть розглядатись як хімічні об'єкти. Конкретні методи тестування таких небезпек визначені у публікації EPASW-846 «Методи випробувань для оцінки твердих відходів: фізичні / хімічні методи» [14].

В канадській Програмі виявлення небезпеки та оцінки ризику [15] відмічається, що при подіях з хімічно небезпечними матеріалами обсяг попередження змінюється залежно від ситуації. Ідентифікація небезпеки відноситься й до перших кроків планування попередження надзвичайних ситуацій за рішенням Національного агентства з навколишнього середовища та планування (NEPA) Ямайки [16]. За директивою ЄС «Севезо» (SEVESO) [17] відзначається, що оператори закладів, де небезпечні речовини знаходяться у значних кількостях, повинні мати внутрішній план надзвичайних ситуацій для заходів, які слід вжити закладу у разі великої аварії [18]. А державне статутне агентство Австралії відзначає, що управління надзвичайними ситуаціями включає циклічний процес з чотирьох фаз профілактики, підготовленості, реагування та відновлення [19].

Збільшення кількості хімічних речовин у поверхневих видах є важливими питаннями внаслідок жорстких вимог до джерел питної води, встановлених в Європі [20]. В Китаї з 2016 р., враховуючи зростання рівня смертності внаслідок великих аварій (MAs) та особливо серйозних аварій (PSAs) [21], прийнято Керівні принципи всебічного та надійного стримування MAs та PSAs. В Південній Кореї як на складову запобігання надзвичайних ситуацій вказують на необхідність встановлення плану реагування на них за допомогою географічної інформаційної системи (ГІС) та методів моделювання [22]. Так, авторами [23] виявлено просторові автокореляції хімічних заводів та аварій та оцінено рівні хімічної небезпеки.

В роботі [24] відмічається на підставі аналізу виробничих практик в США, Японії та Європі, що існує мало законів, які стосуються заходів запобігання та заходів реагування на одночасні катастрофи, що супроводжуються стихійним лихом.

Необхідність визначення стану водних джерел як складову попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з забрудненням води в Китаї, зазначають автори [25].

Дослідження на окремі іони та солоність для безпосереднього скринінгу, коли лабораторні можливості обмежені, запропоновано мароканськими вченими [26]. А використання чисельного моделювання в поєднанні з суміжним методом для оцінки забруднення морської води в трьох затоках Бохайського моря використовується в [27]. Оцінка впливу міського стоку на повені в Ірландії здійснена авторами [28] шляхом фокусного опитування. А в роботі [29] апробовано стратегію управління ризиками щодо забруднення ґрунтових вод на прикладі дослідження площі забруднення підземних вод. На платформі MATLAB в роботі [30] застосовано моделі інтегрованого та автоматичного типу, а якість ґрунтових вод оцінюється за дев'ятьма факторами оцінки за допомогою методу зменшення розмірності. В роботі [31] використано систему штучного інтелекту, що називається інтегрованою мережею довготривалої пам'яті й показано широку придатність до застосування для визначення окремих хімічних забруднювачів та галузей – забруднювачів.

Низка турецьких авторів пропонують використовувати або мультиваріативні статистичні методи і індикатори забруднення для оцінки якості води [32], або Індекс якості води та виявлення дифузних забруднювачів [33]. В [34] застосовують комплексний індекс якості води, який показав міський, промисловий, сільськогосподарський вплив на розподіл забруднень для води річки Вень-Руй Тан на сході Китаю.

Окремі специфічні показники (глюкоза, ацетат та їх суміш), що є характерними лише для окремих виробництв пропонується визначати за допомогою спеціального сенсору у воді в режимі реального часу [35]. А різноманітний набір компонентів автори [36] пропонують визначати за допомогою узагальнених адитивних моделей.

В США автори пропонують використовувати оцінку за 100 %-вою шкалою та «кольорову схему» для визначення якості води в Нью-Йоркській гавані [37], мультिवаріативний аналіз з застосуванням фізико-хімічних параметрів та макрофітів [38] для оцінки якості водних об'єктів.

Моделювання якості та стану води проведено в роботах [39, 40]. При цьому в [39] акцентується увага на врахуванні невизначеності моделювання для масштабних водозаборів на урбанізованих територіях Нідерландів, тоді як в [40] здійснено комплексний аналіз для моделювання потоку та транспорту хімічно-небезпечних речовин у річках на основі гідродинаміки, часових рядів та моделювання якості води.

Особливість врахування різних складових при моделюванні стану досліджуваних канадських вод та впливі на них хімічно-небезпечних речовин відзначається в [41, 42]. При цьому в [41] зазначається необхідність врахування поглядів зацікавлених сторін при моделюванні і для визначення забруднювачів води, тоді як в [42] визначаються основні процеси та критичні фактори, які слід враховувати при розробці надійних концептуальних моделей систем взаємодії цих вод.

Використання хемометричних підходів, зокрема, методу головних компонентів, для визначення стану води досліджено в [43]. А автори [44] пропонують використовувати для цього довгострокові архівні біологічні дані у поєднанні з гідрогеохімічним моделюванням.

В [45] на підставі концепції «водного сліду» показано, що досі не існує консенсусу щодо методологічного стандарту, який слід застосовувати для відтворення водних об'єктів. Без попередньої підготовки та організації спостережень не можливо провести задовільну оцінку техногенного впливу на якість води, що наголошується в [46]. Для цього в Європі ще з середини 90-х років Європейське агентство з охорони довкілля започаткувало систему збору даних щодо якості підземної та поверхневої води [47].

Практичне застосування керованого управління водоносним горизонтом, зокрема, штучне підживлення та заміщення підземних вод шляхом

використання відновленої стічної води та поверхневої води набуло розповсюдження в Каліфорнії, Айдахо та Аризоні (США) [48] для зменшення негативного впливу пестицидів та хімічно-небезпечних речовин. Тоді як в [49] пропонується методологія з двома рівнями деталізації-скринінг та детальний рівень для оцінки забруднення води.

В роботі [50] відзначається, що основними методами досліджень, що використовуються для проектування просторової якості води є багатомірний статистичний аналіз та мас-спектрометрія з індуктивно зв'язаною плазмою. Цей же інструментальний метод використовується для дослідження якості підземних вод в [51]Тоді як в[52] застосовують такі більш тривіальні методи як атомно-абсорбційну спектроскопію, хроматографію тощо.

Перехід до використання біологічних показників для оцінки якості вод є характерним для більшості сучасних закордонних держав [53]. При цьому слід відзначити, що більшість закордонних авторів все ж таки використовують для оцінки якості води фізико-хімічні показники.

За допомогою фізичних та фізико-хімічних параметрів фахівці оцінюють вплив фермерської діяльності [54], гірничих робіт [55], сезонних чинників [56] та різних антропогенних факторів [57] на якість води. В [58] разом з фізико-хімічними показниками для цього додатково використовують дистанційне зондування та карти земної поверхні.

Загальні проблеми підземних вод, фактори та чинники, що впливають на її забрудненість, розглянуто в [59]. В [60] фізико-хімічні параметри та геоінформаційна система (GIS) є основою для індексу якості підземної води (WQI). В [61] автори окрім безпосередньо визначення якості вод за класами вказують на оцінку забрудненості підземної води за допомогою Індексу забрудненості.

Індекси якості води можуть формуватися на підставі різних факторів та показників, в тому числі з урахуванням біологічної оцінки, статистичних та стохастичних підходів, для поверхневих чи підземних вод [62]. Так, в [63] запропоновано спрощені підходи для його визначення та констатується

відсутність загальноприйнятого комбінованого індексу якості води для різних країн. Індекс якості води використовується в [64] для оцінки прибережних вод. Фізико-хімічні та біологічні критерії для визначення індексу якості води для підземних вод використано в [65]. В [66] індекс якості води складається з індексу якості води для здоров'я та прийняттого індексу якості води.

В [67] оцінка якості морської води проводилась з використанням додаткового нового параметру – індексу оцінки якості води для навколишнього середовища.

В Китаї водне законодавство спирається на низку стандартів щодо якості підземних та поверхневих вод [68]. Й також часто застосовується Індекс якості води, який представляє собою результат визначень індексів якості води трьох груп показників [69]. В [70] окрім Індeksu якості води, автори використовують поетапний лінійний регресійний аналіз для визначення мінімального Індeksu якості води.

Зручність використання Індeksu води для інтерпретації стану води водних об'єктів та співставлення їх між собою відмічається в [71]. В [72] для визначення Індeksu якості води використовують послідовну, повністю з'єднану, тришарову перцептронну модель нейронної мережі.

В той же час в [73] відмічається неоднозначність підходів щодо розрахунку річкових індексів якості води як в межах однієї держави, так і для різних країн, а в [74] наголошується на необхідності враховування додаткових чинників при визначенні індексу якості підземних вод та факторів їх забруднення.

Індексні методи широко використовуються для картографування уразливості підземних вод до забруднення. Найбільш відомою є модель DRASTIC, що застосовується в США, Португалії, Південній Кореї та низці інших держав [75]. Можна окрім DRASTIC відзначити AVI, GOD, ЕПІК, за допомогою яких охарактеризовано поточні водоносні горизонти на півдні Іспанії [76] та в Греції [77]; SINTACS – похідну модель DRASTIC [78], застосовану до підземних вод району Канчеспурам (Індія).

Процедура моделювання була застосована для визначення можливості забруднення ґрунтових вод на ділянках різних країн [79]. Комплексна оцінка якості річкової води з використанням інтегрованого фізико-хімічного, біологічного та екотоксикологічного підходу проведена в [80]. В [81] для оцінки якості води використовують типові фізико-хімічні та біологічні показники. А в роботі [82] додатково визначають вміст пестицидів. Для оцінки техногенних впливів на водосховище Алькева (Португалія), автори [83] використовують мультиваріативні статистичні методи та кластерний аналіз. Для цього водосховища було також проведено й екотоксикологічний аналіз, який показав, що токсичність води водосховища може бути пов'язана з використанням пестицидів [84]. Комплексне дослідження цієї зміненої водної екосистеми, з урахуванням якості води є важливою складовою забезпечення вимог Водної Рамкової Директиви ЄС [85].

Подібні статистичні підходи (кластерний аналіз, факторний аналіз-метод головних компонент, дискримінаційний аналіз) з використанням значного масиву вихідних фізико-хімічних параметрів використовуються для дослідження просторової та тимчасової варіативності якості води річок Гомті [86] та Ганг (Індія) [87]. Варіація кластерного аналізу також запропонована в [88] для оцінки якості підземної води.

В [89] автори використовують моделювання та дані щодо вихідних видів землекористування, щоб оцінити якість води та затрати на її очищення в Швеції. Регресійний аналіз та метод найменших квадратів використовувались в [90] для визначення просторової мінливості якості води в басейні річки Хан Південної Кореї. Метод головних компонент та канонічний кореляційний аналіз застосовувались для просторово-тимчасового дослідження змін якості води річки Карунь, Іран. Відзначено як домінуючі параметри електропровідності та TDS (Total Dissolved Solids) [91].

Просторово-тимчасове дослідження якості води району Три ущелини, Китай було проведено в [92]. Для обробки даних використовували мультиваріативні статистичні методи, кластерний аналіз, непараметричні

тести та факторний аналіз. Необхідність визначення тенденцій змін якості води для подальшого управління її якістю за умови антропогенного втручання відзначається в [93] з використанням мультистатистичних методів.

Кластерний аналіз, факторний аналіз – метод головних компонент використані в [94] для визначення прихованих джерел забруднення води у річці Сонгхуа в районі Харбін (Китай). Ці ж методи застосовано авторами [95] для ідентифікації характеристик якості води та оцінки просторової структури якості води в регіоні дельти річки Перл (Китай). Нечіткий комплексний аналіз та статистичні методи використано для оцінки якості води в басейні річки Чжанвайнан (Китай) [96]. Для оцінки якості підземних вод автори [97] серед іншого, використовують сірий реляційний аналіз для оцінки якості підземних вод району річки Хутуо (південний Китай).

На необхідності використання статистичних підходів при оцінці якості поверхневих вод відзначається в [98], в тому числі й з використанням геостатистичних підходів з використанням методу головних компонент (РСА) та нечіткої оптимальної моделі (FOM) [99]. Пропонується також [100] застосування багатомірної статистики та дисперсійного аналізу для оцінки якості води.

Автори [101] запропонували якість води оцінювати на основі кластерного аналізу та візуалізації ГІС. В [102] якість води оцінювалась за Індексом забруднення води на підставі 9 хімічно-небезпечних речовин.

Базова статистика, величина міжквартильного діапазону, кореляційна матриця та кластерний аналіз використовувались для визначення комплексної взаємодії іонів у воді поблизу ТЕС (Бангладеш) [103]. Оцінка якості води та визначення хімічно-небезпечних речовин й джерел забруднення води в озері Бурулус (Єгипет) за допомогою технології дистанційного зондування та ГІС були використані в [104]. В [105] використано безпосередньо лабораторні визначення низки важких металів та гіперспектральний дистанційний зонд для оцінки якості води.

Індекс якості води, індекс забруднення важкими металами, та індекс забруднення застосовується в [106] для визначення якості води в річці Нил (Єгипет).

Нечіткий покращений Індекс забруднення води запропоновано для просторово-часової оцінки якості води річки Цюй в провінції Сичуань (Китай) [107].

Автори [108] пропонують використовувати Метод головних компонент, факторний аналіз та Метод абсолютної оцінки головної компоненти - множинної лінійної регресії (APCS-MLR) для оцінки якості води та ідентифікації потенційних джерел забруднення трьох головних річок Південної Флориди (США). Мультиваріативні статистичні методи застосовуються для визначення основних джерел забруднення поверхневих вод в [109].

Подібні мультиваріативні підходи застосовано в [110] для оцінки якості води та визначення джерел впливу на річки в районі Озера Тайхау (Китай). В [111] за допомогою методів мультиваріативної статистики визначено основні чинники, що сприяють забрудненню ґрунтових вод даного регіону.

Деякі методи для визначення якості води водосховища Цзіньчучуань (Китай) використано в [112], зокрема, однофакторний аналіз, метод сірого реляційного оцінювання та метод нечіткої комплексної оцінки.

Просторово-часовий аналіз з використанням мультиваріативних статистичних методів виконано в [113] для оцінки якості води озера Поян (Китай). Комплексна оцінка якості води з урахуванням впливу відкладення хімічно-небезпечних речовин та динамічної зміни границь води на прикладі водосховища Білюхе (Китай) запропонована в [114], використовувались як лабораторні дослідження, так і побудова моделі. В [115] такі мультиваріативні статистичні методи як факторний та кластерний аналіз, метод головних компонент використовуються для просторово-часової оцінки якості води річки Тигр (Турція).

Метод, який вирішує завдання класифікації та регресії шляхом побудови дерева рішень, застосовано в [116] для ідентифікації потенційних факторів впливу на якість води низки водосховищ питної води провінції Чжецзян (Китай). Для скорочення кількості змінних, що використовуються для оцінки якості води, авторами [117] запропоновано використовувати нечіткий грубий набір для скорочення атрибутів. В [118] використано метод головних компонент, факторний, кластерний та дискримінаційний аналізи для поділу басейну річки Фуджи (Японія) на три кластери.

Підхід з використанням палеолімологічних методів для оцінки впливу антропогенних забруднювачів або інших чинників на екологічний стан маленьких мілких озер застосований в [119].

Автори [120, 121] відзначають значне забруднення ґрунтів важкими металами та наголошують на різних джерелах антропогенного їх надходження, хоча й розрізняються в тому, як надалі забезпечити їх відновлення. Так, в [122] пропонується використання електрохімічних методів, тоді як автори [123] наголошують на більшій безпечності та екологічності фітореMediaції.

В документі щодо управління забрудненими землями Південноафриканської республіки [122] пропонується дослідження забруднених ґрунтів проводити із застосуванням значної кількості складних та дорогих методів, як лабораторних, так і польових, з наголошенням особливостей пробовідбору забруднених зразків ґрунту. В Керівництві щодо забруднених ґрунтів Австралії відмічається необхідність врахування форм неорганічних хімічно-небезпечних речовин [123].

Автори [124] відзначають необхідність проведення досліджень стану ґрунтів за умови забруднень від підземних споруд та відмічають особливості підходів до отримання даних в Нідерландах, Англії, Канаді, США.

На прикладі ґрунтів районів Патна, що розташовані в межах рівнини Гангу на сході Гангу (Індія) [125] за допомогою хемометричного оцінювання показано вплив промислового землекористування на забруднення ґрунту.

Італійські автори [126] наголошують на необхідності створення графічної моделі як важливого елементу оцінки забруднення ґрунтів.

Наслідки випадкової, маломасштабної варіабельності концентрації хімічно-небезпечних речовин у ґрунті розглядаються в [127]. В [128] відмічається переважний вплив промислових факторів на забруднення міських ґрунтів міста Кайфенг (Китай) важкими металами (As, Cd, Hg та Pb).

Дослідження стану ґрунтів [129, 130] на наявність забруднень внаслідок поводження з електронними відходами показало, що вони чинять на них значний вплив. При цьому в межах населеного пункту, в якому відбувається переробка електронних відходів (поблизу міста Тайчжоу, Китай) виявлено значне забруднення в районах поблизу майстерень з утилізації відходів неорганічними речовинами [129]. В той же час в [130] відмічено, що зберігання та спалювання електронних відходів в місті Гуйю (провінція Гуандун, Китай) спричиняє накопичення в ґрунті та в осаді річки Ляньцзян значної кількості органічних сполук.

Індійські автори [131] також наголошують на значному небезпечному впливі важких металів на ґрунтовий профіль при зберіганні електронних відходів. Тоді як вміст As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb і Zn, виміряний для сільськогосподарських ґрунтів поблизу шахт вздовж річки Дьяоцзян в регіоні автономності Гуансі-Чжуан (Китай) [132] показав, що поблизу району шахти наявні сильно забруднені області.

Вплив вугледобувної галузі Китаю на вміст хімічно-небезпечних речовин досліджено в роботах [133, 134]. Відмічається менше забруднення ґрунтів внаслідок видобування вугілля, ніж металів [133], тоді як в роботі [134] відмічається накопичення металів Cd, Hg, Cu, Pb, As в меліорованих ґрунтах ті міграція мікроелементів вугільної рудної породи в поверхневі шари.

В [135] досліджується вплив вугільної промисловості та електростанції на забруднення ґрунтів житлових районів біля трьох вугільних шахт та електростанції (Хуайан, Китай). Для оцінювання якості ґрунтів в Лайві (Китай) як складової попередження надзвичайних ситуацій в роботі [136] застосувався

індекс забруднення Nemerow та метод багатofакторного статистичного аналізу. Автори [137] пропонують контролювання сезонної динаміки засолення ґрунтів за допомогою ступінчастої множинної лінійної регресії, нейронних мереж зворотного розповсюдження та методів опірних векторів. Як захід для вирішення проблем щодо відставання дослідження забруднень ґрунту керівництво Китаю оприлюднило План дій щодо контролю забруднення ґрунтів (2016 р.) [138].

В США [139] для оцінки міграції хімічно-небезпечних речовин в ґрунті (броміди та хлориди) запропоновано математичну модель, засновану на кумулятивному бета-розподілі. В роботі [140] запропоновано використання дистанційного зондування та ГІС технології для дослідження якості ґрунтів.

Значну негативну дію таких потенційно небезпечних об'єктів як шкіряні заводи показано в роботі [141]. Досліджено вміст хімічно-небезпечних речовин в ґрунті, які потрапляють туди з неочищеними стічними водами понад 50 шкіряних заводів Кулі (Туреччина). Техногенні небезпеки від Цементного комплексу Лас-Віньяс (Іспанія) на стан ґрунтів та водосховища, що будується поряд, проаналізовано в роботі [142].

В Марокко дослідження стану ґрунтів з використанням різних індексів геоаккумуляції, коефіцієнтів збагачення, факторів забруднення, індексів забруднення навантаження та ГІС [143] показало перевищення в них вмісту Zn, Cr, Pb, Cu та Cd.

Підхід, заснований на кореляції між респірацією (диханням) ґрунту та його забрудненням запропонований в [144]. В свою чергу, необхідність врахування властивостей ґрунту поверхневого і надповерхневого горизонтів відзначається в [145] на прикладі ґрунтів Північного плато (Іспанія). Пропонується також використовувати для визначення забруднення ґрунтів дощових черв'яків [146] або низку мікробних параметрів [147].

Дослідження ґрунту поселення, що з'явилося на місці смітнику в Мексиці [148] з використанням індексу геоаккумуляції, кореляційного аналізу та аналізу основних компонентів показало забруднення Cu, Pb, Ni, Cd, Cr. Як

важливий елемент застосування та функціонування ґрунтів горизонту Камбі-Лувісол, Швейцарія) [149] запропоновано визначати якість ґрунтової структури за допомогою підходу візуального оцінювання. Дослідження розподілу вмісту свинцю, що забруднює ґрунт внаслідок викидів в атмосферу та дренажних вод підприємств, проведено з використанням фіксованого розміру частинок в моделі атмосферної дисперсії для оцінки впливу та оцінки ризику (ADMER) в роботі японських авторів [150].

Надзвичайні ситуації, пов'язані з техногенними аваріями та потенційно небезпечних об'єктах, мають місце в різних країнах світу. На сьогодні причинами їх виникнення в першу чергу називаються організаційні та технічні недоліки [151]. Так, можна відмітити, що кількість людей, травмованих в хімічних виробництвах та при виробництві їжі в має місце при аваріях, пов'язаних з відмовою обладнання, тоді як порушення процесу спричиняло найбільшу кількість травмованих людей в хімічній галузі [152].

До недавніх надзвичайних ситуацій, що трапилися в США, можна віднести вибух в квітні 2013 р. на заводі добрив West Fertilizer Company (Техас, США), який призвів до смерті 15 осіб [1532] та спричинив руйнування та в тому числі забруднення [154]. За результатами позивів місто, поблизу якого відбулась надзвичайна ситуація, отримало компенсацію в 10 млн доларів США [155].

В 2014 р. В США сталася низка інцидентів, пов'язаних з функціонуванням каналізаційної системи [156, 157]. Так, в штаті Техас (США) загинуло 2 робітників в аварії на очисній станції Ель-Пасо [156]. Витік шламу заповнив приміщення обладнання, де вони працювали, а розслідуваннями події займалась в тому числі й Техаська комісія з якості навколишнього середовища [158]. На відміну від цього випадку, забруднення струмка Сиваши каналізаційними та стічними водами м. Меридіан (Місісіпі, США) у квітні 2014 р. не призвело до людських жертв. Але призвело до виплат державі від міста у розмірі 126 млн. доларів [157].

Порушення технологічних процесів в функціонуванні каналізаційної системи Evangeline Enterprises of Carencro (Луїзіанна, США), компанії, що пов'язана з кінництвом [159] в 2017 р. спричинило загрозу як довкіллю, так і споживачам питної води. За результатами досліджень стану води та оцінки забруднень було виписано штраф на 3000 тис. доларів.

Руйнування резервуару на очисній станції в 2004 р. спричинило загибель одного робітника та травми 2 осіб при спробі запобігання ними потрапляння хімічно-небезпечних речовин до р. Спокана (Вашингтон, США) [160].

Як приклади недопущення переростання об'єктових ситуацій в в більш масштабні можна відмітити [161] та [162]. Заходи з утилізації відходів компанії Olin Corporation спричинили просочування хімічно-небезпечних речовин в ґрунти, підземні води, їх накопичування в рибі та підвищили ризик захворювання людей, що купаються в р. Холст-Норт-Форк (2017 р.) (Вірджинія, США). Як складові запобігання подальшого розвитку ситуації компанія зобов'язалася зупинити змішування забруднених дренажних вод з природніми та низку інших заходів [161]. Тоді як у випадку [162] забруднення спричинили дренажні води видобувних шахт компанії Bunker Hill Mining Corp. (Айдахо, США), Нещодавно ще одна надзвичайна подія сталась на Стенфордських очисних спорудах, в результаті якої троє людей зазнали поранення, а наслідки аварії розслідуються [163]. На сьогодні в США діє мережа лабораторій з питань екологічного реагування (ERLN) [164], які є частиною реагування на масштабні надзвичайні ситуації в США.

За останнє десятиріччя основною причиною забруднень води внаслідок надзвичайних ситуацій в Китаї є витoki з підприємств [165]. Так, відомі вибухи хімічних речовин, що спричинили загибель більше 4 осіб та забруднення довкілля в 2017 р. (Цзянсу, Китай) [166]. До найгірших за останні роки аварії можна віднести аварію в промисловому парку провінції Цзянсу в 2019 р., в результаті якої загинуло 78 осіб, а сам парк надалі був закритий [167] та вибух на складі хімічних речовин в порту м. Тяньцзинь, де загинуло

178 людей [168]. В останньому випадку сума страхових виплат орієнтовно склала 3,5 млрд. доларів.

Надзвичайна подія сталася в 2019 р. на заводі з виробництва пестицидів компанії Tianjiaui Chemical Co, в якій постраждало 64 людини, значна кількість поранених, а хімічно-небезпечні речовини потрапили в поверхневі води та ґрунти [169]. Забруднення питної води відбулося в 2005 р. внаслідок вибуху на нафтопереробному заводі (провінція Цзілінь, Китай) [170]. Забруднення ґрунту та води річки Нанпан внаслідок скидання промислового шлаку хрому компанією Lvliang Chemical Industry Co (2011) спричинило загибель майже 100 голів домашньої худоби та смерть від онкозахворювань 7 жителів прилеглого села Сіньронг [171].

Прискорена індустріалізація та відставання інших напрямків змусили керівництво Китаю приділити більш детальну увагу планам попередження надзвичайних ситуацій та законодавчому забезпеченню їх подолання [172] з розробкою планів раннього реагування, що містять системи моніторингу, центр управління надзвичайними ситуаціями, систему дій та підтримуючу систему [173]. При цьому як важливий елемент раннього сповіщення та реагування відзначаються аналіз стану об'єктів довкілля, зокрема води, в режимі «реального часу» [174].

Південна Корея зазнала серйозних проблем із забрудненням води під час індустріалізації та урбанізації. Так, можна відмітити виток хімічно-небезпечних речовин з резервуарів для зберігання на заводі Doosan Electronic в місті Гумі, (1991 р.), скидання неочищених стічних вод Daejeon STP (1995 р.), та низку аварій, пов'язаних з потраплянням важких металів, органічних сполук та мікроорганізмів у воду в 1990 р.р. [175].

Витік небезпечної речовини в тому ж м. Гумі в 2012 р. [176] спричинив збитків на 20 млн. доларів та забруднення більш ніж 320 га землі.

В [177] відмічається заростання забруднення ґрунтів важкими металами та органічними сполуками із перевищенням державних нормативів Японії. Зростання урбанізації спричинило в 20 сторіччі в Японії такі надзвичайні

ситуації як забруднення ртуттю в річці Агано, та розвиток у населення хвороби Мінамото, й забруднення кадмієм в річці Цзіньцу (розвиток хвороби Ітаї-Ітая) з подальшою розробкою більш жорсткого законодавства в водній галузі [178]. У першому випадку компанія – забруднювач Chisso Corporation’s сплатила 86 млн. доларів збитків, в тому числі й за забруднення довкілля [179], у другому випадку компанія Mitsui Mining & Smelting Company визнала себе винною та сплатила відшкодування за захворювання людей [180].

Однією з причин потрапляння хімічно-небезпечних речовин в ґрунти та воду в Канаді автори називають транскордонний вплив підприємств держав – сусідів, зокрема, США [181]. Як приклад, наведено значне погіршення якості води в озері Еріє [182]. Технологічні процеси видобувної компанії Suncor Energy Incorporated (Канада) спричиняють появу замулених водойм та смоляних пісків, площа яких розростається, а самі забруднені об’єкти є непридатними до застосування [183]. Значне скидання неочищених стічних вод від паперової фабрики в провінції Онтаріо (Канада) призвело до накопичення ртуті в їстівній рибі, яку споживали індіанці двох племен з розвитком у цих людей хвороби Мінамото, відбулось масштабне забруднення води та ґрунтів, які й досі необхідно очищувати [184].

В Індії внаслідок аварії на очисних спорудах одного з готелів в м. Делі (2018 р.) померли 5 осіб, які намагалися зупинити витік, а розслідуванням цієї справи зайнялась Національна комісія з прав людини (NHRC) [185, 186]. Надзвичайна ситуація з відмовою насосного обладнання і витоком стічних вод сталася на очисній станції Homevale у 2012 р. у м. Сол Пладжет (Індія) і внаслідок неї загинуло 5 робітників [187]. Як одну з значних подій на шкіряному заводів Індії можна відмітити аварію, що сталась 2015 р. в м. Раніпеті. Загинуло 10 працівників, від отруєння стічними водами загинуло більше 30 осіб, виплати сягнули 10 млн. рупій, $\frac{3}{4}$ з яких пішли на відновлення довкілля [188].

В ЄС недостатня потужність очисних споруд, їх перенавантаження або банкрутство компанії – власника названі причиною причиною того, що на

пляжі Болгарії, Іспанії, Ірландії та Франції потрапляють неочищені стічні води [189]. На початку 2019 р. внаслідок аварії на очисних спорудах компанії Irish Water (Дублін, Ірландія) відбувся скид неочищених стічних вод в Дублінську затоку [190], додатковою причиною забруднень Дублінської затоки виступає завод з переробки твердих осадів цієї компанії [191]. Вибух аміачної селітри на заводі з виробництва добрив в Тулузі (Франція) в 2001 р. спричинив загибель 30 людей, збитки на 1,5 млрд. євро, руйнування будівель, а також забруднення ґрунту та водних джерел [192, 193].

У травні 1998 року стався розлив близько 30 тон інсектициду з агрохімічної фабрики в Угорщині, що спричинило забруднення води та ґрунту й тимчасове припинення подачі води більш ніж 20 000 людей [194].

Як складову раннього реагування та запобігання розвитку надзвичайних ситуацій в Великобританії на очисних спорудах встановлюють датчики переливу стічних вод [195]. В той же час як одну із значних аварій Англії можна відмітити потрапляння з очисних споруд підприємства Severn Trent Старфордшира ціанідів та недостатньо очищених стічних вод в річку Трен [196]. За даними Агентства з навколишнього середовища Великобританії ключовими факторами, що спричиняють аварії, пов'язані із забрудненням стічними водами, виступають, в тому числі й недоліки в своєчасному спостереженні [197].

Таким чином, в провідних країнах світу питання попередження надзвичайних ситуацій, які пов'язані з порушенням технологічних процесів на об'єктах критичної інфраструктури приділяється значна увага. Втім якщо в США, Південній Кореї та ЄС при розробці запобіжних заходів та планів реагування з використанням сучасних інформаційно-технічних підходів, орієнтовані на отримання комплексних рішень, то в провідних країнах тихоокеанського регіону орієнтуються на вирішення більш локальних задач вузькопрофільної направленості.

1.2. Аналіз стану з попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури у європейських країнах, що розвиваються.

Аналіз стану з попередження НС на об'єктах критичної інфраструктури у європейських країнах, що розвиваються, будемо виконувати наступним чином. На першому етапі визначимо загальні підходи до попередження НС на об'єктах критичної інфраструктури в цих країнах. По-друге, визначимо тенденції в питаннях попередження НС техногенного характеру внаслідок потрапляння хімічних речовин в ґрунтові води в європейських країнах, що розвиваються. На третьому етапі проведемо аналіз сучасних тенденцій з попередження НС техногенного характеру внаслідок накопичення хімічних речовин в ґрунті в цих країнах.

Так в роботі [198] використано низку окремих хімічних показників та отримано інтегровану оцінку якості водив межах водозбору річки Прут (Румунія). В [199] стан семи водних річок Сербії визначено за допомогою індексу якості води з використанням десяти параметрів. Дослідження з використанням статистичних та фізико-хімічних методів для визначення води річки Дунай авторами [200] показало наявність точкових джерел забруднення, тоді як для річки Тиса (Сербія) відмічається загальне зростання антропогенного впливу на стан води при застосуванні Serbian Water Quality Index (SWQI) [201]. Дослідження річки Дунай (Сербія) виконано в [202] та розраховано індекс забруднення води (WPI).

В [203] автори відмічають, що на якість поверхневих вод впливають різні антропогенні чинники, в залежності від району країни. В Південній Македонії на прикладі дослідження річок Вардар, Бригальниця та Црна [204] показано наявність дифузних антропогенних джерел забруднення. Необхідність контролю забруднень та зростаючий антропогенний вплив відмічається також авторами [205] при дослідженні води Дунаю. На прикладі дослідження води низки річок району південної Польщі фізико-хімічними методами показано значний вплив на хімічний склад води окремих антропогенних чинників [206].

Для дослідження діяльності теплової електростанції Костолак (Сербія) автори [207] визначали забруднення ґрунтів неорганічними забруднювачами (за допомогою аналізу основних компонентів. При дослідженні забруднення ґрунтів Верхньосілезького промислового регіону, розміщеного в Сілезькому воєводстві на півдні Польщі автори [208] використовували метод магнітометрії ґрунту. Тоді як в [209] при дослідженні ґрунтів поблизу сміттєзвалища гірничо-металургійних заводів у Буковно (Польща) автори більш детально досліджують розподіл важких металів по ґрунтових профілях.

Використання ієрархічного кластерного аналізу та методу головних компонент використано в [210] для інтерпретації якості ґрунтів у районі Бургаса, Болгарія. При дослідженні території м. Талліна (Естонія) в рамках проекту «Urban geochemistry of Tallinn» автори [211] визначали розподіл хімічних елементів за допомогою статистичного аналізу та картографування.

В роботі [212] стан ґрунтів поблизу колишнього хлоркалійного заводу в Тузлі (Хорватія) визначали методами екстракції, радіоактивного маркування, лабораторними та польовими методами. Автори [213] досліджують особливості забруднення ґрунтів в окрузі Целе (Словенія) за допомогою геостатистичних та багатofакторних методів аналізу даних.

Фізичні та хімічні параметри, а також вміст важких металів у міських ґрунтах міста Шопрон, Угорщина проаналізовано в роботі [214]. В той же час використання кореляції, методу головних компонентів та дискримінантного аналізу дозволило визначити напрям та силу взаємозв'язку показників якості ґрунту та їх комбінацій для найбільш поширених угорських ґрунтів [215].

Польські автори пропонують сукупність індексів забруднення, в тому числі й нещодавно введений біогеохімічний індекс (BGI) для оцінки ступеня забруднення ґрунтів [216]. В той же час інші польські автори [217] відзначають корисність додавання шламу стічних вод та біогазу з компостом до піщаних ґрунтів для підвищення їх фізичних властивостей.

При дослідженні ґрунтів м. Торунь (Польща) за вмістом важких металів, Igeo, EF та індексом навантаження на забруднення (PLI) авторами [218]

отримано, що незапечатаний ґрунт є найбільш схильним до накопичення хімічно-небезпечних речовин. При дослідженні забруднення ґрунтів в колишньому районі видобутку Дубник в Словачії [219] автори використали як методи біомоніторингу, так і Коефіцієнт забруднення, ступінь забруднення, та індекс навантаження забруднення. В [220] використано Мюнхенберзький рейтинг якості ґрунтів для ґрунтів альпійської екосистеми регіону Казбегі (Грузія).

Згідно українського законодавства правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля регламентує Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» [221], а окремі питання аналізу та особливостей дослідження об'єктів довкілля прописані в додаткових документах.

Так, автори [222] здійснювали оцінку стану води озер за низкою хімічних та біохімічних показників та подальшим розрахунком комплексного індексу забруднення води (ІЗВ). Оцінка здійснювалась відповідно до методики [223].

В роботі [224] використовуються системи інтегральних біоценотичних методів контролю водних екосистем та комплексні інтегральні біоценотичні показники для контролю стабільності розвитку водних екосистем. Авторами [225] запропоновано підхід із уніфікованою бальною комплексною інтегральною оцінкою техногенного впливу на екостан техноприродних систем на прикладі трубопровідного транспорту. В роботі [226] комплексна оцінка якості води ґрунтується на застосуванні ранжирування показників якості.

Огляд закордонних та вітчизняних підходів щодо інтегральних та комплексних підходів для оцінки стану довкілля наведено в [53].

Окремі приклади використання комплексних підходів для оцінки техногенного навантаження водних об'єктів наведено в [226].

Відомі роботи щодо дослідження стану водних об'єктів, які використовують комплексний підхід з розрахунком блокових індексів та інтегрального екологічного індексу для оцінки стану річок Харків [227], Уди

[228], Студянка [229], Південний Буг [230]. Здійснено оцінку рівня антропогенного навантаження на басейн р. Південний Буг [231] за методикою [232], що передбачає аналіз чотирьох підсистем.

Як найбільш ефективний підхід з використанням комплексного (інтегрального) екологічного індексу для оцінки стану басейна річки відзначено авторами [233]. Цей підхід використовується для оцінки якості поверхневих вод суббасейну р. Убля [234].

Для оцінки стану водних об'єктів авторами використовуються методики [234, 235, 236], які засновані на використанні інтегрального екологічного індексу та індексів сольового, трофо-сапробіологічного блоків та блоку специфічних речовин токсичної дії.

В [237] автором розглядаються й інші підходи до оцінки якості води, зокрема, визначення якості за допомогою індексу забруднення води (ІЗВ) та комбінаторного індексу забруднення (КІЗ). Дослідження стану водних об'єктів, комплексна оцінка якості води та виявлення джерел їх забруднення лише за гідрохімічними показниками відзначається в роботах авторів [238, 239], відповідно, для водосховища Сасик [238], річок басейну Дніпра [239].

Комплексна оцінка вод з використанням коефіцієнта забрудненості [240] та подальша екологічна оцінка якості вод за загальним інтегральним екологічним індексом [235] здійснена в [241] для р. Великий Куяльник. Використання ІЗВ [237] виконано для оцінки якісного стану поверхневих водних джерел Полтавської області в [236] за шістьма гідрохімічними показниками. ІЗВ також використовується як складова визначення загального техногенного забруднення важкими металами регіону на прикладі міста Чернігова [242].

Нові наукові підходи щодо використання інтегральних систем індикаторів для визначення змін інтенсивності механізмів внутрішньоводойменних процесів запропоновані в роботах авторів [243] та [244]. Рівень антропогенної трансформації техногенно-зміненої водної

екосистеми оцінювався за допомогою низки індексів, в тому числі й загального екологічного індексу [243]. Розроблено сучасні інтегральні системи [244].

На недосконалість існуючих методик оцінки якості води вказують автори [245]. В роботі [246] запропоновано додатково використовувати коефіцієнт ураженості та визначати ступінь ураженості водної екосистеми залежно від рівнів хронічної токсичності води при комплексній оцінці стану водних об'єктів.

В [247] для оцінки якості та стану води р. Інгулець використано ІЗВ, модифікований ІЗВ, КІЗ, інтегральну оцінку за критерієм забрудненості χ .

Ключові тиски на басейн річки Прут визначено в [248]. Для розрахунків використовували чотири фізико-хімічних показника [249]. Оцінка антропогенного навантаження з застосуванням поняття «стабільності» земель в басейні р. Ірпінь проведено в [250]. Визначення антропогенного навантаження з використанням гідрохімічних показників для річок Українського Полісся (Горинь, Тетерів, Уж, Устя, Десна, Тур'я, Стир) проводиться в [251].

В [252] автор відзначає джерела антропогенного навантаження за фактичним перевищенням значень гідрохімічних показників на окремих ділянках басейну річки Десна. Такий же підхід використовують Хоменко, Гайдар [253] для оцінки стану р. Золотоношка (Черкаська область). В той же час в роботах [254, 255] визначається недосконалість існуючої системи екологічного моніторингу при техногенних надзвичайних ситуаціях, пов'язаних, в тому числі й з забрудненням ґрунту.

Найвищі технологічні небезпеки, пов'язані в тому числі й з аваріями на виробництвах, спостерігаються найбільше серед Сербії, Чорногорії, Словенії та Туреччини [256]. В Польщі у серпні 2019 р. Поломка резервуарів на очисній станції «Czajka» спричинила скидання хімічно-небезпечних речовин в р. Вісла [257]. В Угорщині витік в 2010 р. 700 тис. м³ небезпечних речовин, що некоректно зберігались в резервуарах на території компанії Magyar Aluminium [258], спричинив транскордонне забруднення вод р. Дунаю та загибель 5 осіб.

Порушення цілісності відстійника, що належав компанії .С. AURULS.A. в м. Байя Марє (Румунія) в 2000 р. [259] спричинило потрапляння значної кількості ціанідів та важких металів [260] в ґрунт та до річки Сасар. Від забруднення також постраждали Румунія, Угорщина, Югославія, Болгарія та Україна. В місті Сольнок (Угорщина) під час хвилі забруднення було припинено водопостачання питної води [261].

У березні 2000 р в м. Байя Борса (Румунія) з декантаційного резервуару шахти відбулося потрапляння 20 тис. т мінеральних речовин (цинк, мідь, свинець, ціаніди тощо) у р. Вісе [262], в ґрунт та в донні осади.

Аварії на виробництвах спричинили також розлив важких металів із Саси в Македонії [263], випуски з мідних копалень у Майдапекку та Великому Майдані в Сербії та з шахта цинку в Мойковаку в Чорногорії [264]. Так, в 2001 р. стався виток важких металів на шахті Великий Майдан в Сербії, а забруднені води потрапили до р. Дріна [265].

Згідно [266] відмічаються наявні проблеми з технічним обслуговуванням та обладнанням, що сприяє виникненню аварій на очисних спорудах. Зокрема, 17,3 % надзвичайних ситуацій техногенного характеру спричинено аваріями на очисних спорудах [267].

Можна відмітити низку аварій на очисних спорудах, що мали місце в Україні за останні роки. В липні 1995 р. шалена злива вивела з ладу Диканівські очисні споруди 1,5 мільйонного міста Харків. Стоки, які скидали без очищення в річки Лопань і Уди, потрапили в річку Сіверський Донець та спричинили надзвичайну ситуацію [268], яка була оперативно усунута до 1 серпня [269], а прямі збитки склали 2315 млрд. карбованців.

В червні 2018 р. сталася аварія самопливного колектору в м. Лубни (Полтавська область) [270]. В жовтні 2008 р. в с. Мирне Мелітопольського району стався прорив каналізаційного колектору зі скиданням неочищених стічних вод в ґрунт [267].

В липні 2008 р. в Херсоні сталося скидання близько 1000 кубометрів неочищених стічних вод на поверхню, а ситуація була під контролем Головного управління МНС [267].

У Херсоні 73 тисячі людей залишилися без води [271].

В с. Наддніпрянське (Херсонська область) 15 березня 2010 року виникла аварія на каналізаційному трубопроводі [272].

Зношеність обладнання стала причиною надзвичайної ситуації регіонального рівня внаслідок аварії на каналізаційному колекторі в 2015 р. у м. Вознесенську (Миколаївська область). Збитки від аварії склали понад 2,0 млн. гривень [273].

В січні 2019 р. на міському головному колекторі м. Бердянська сталася аварія. Повна ліквідація її наслідків потребує близько 22 млн. грн. [274].

В липні 2019 р. на очисних спорудах Львова значна кількість невідомої речовини з високою густиною (ймовірно, жир) закупорила ступінчаті решітки, а насосні агрегати перейшли в аварійний стан [275].

Таким чином, можна відзначити, що в провідних країнах світу питання попередження надзвичайних ситуацій, які пов'язані з порушенням технологічних процесів на об'єктах критичної інфраструктури приділяється значна увага. Втім якщо в США, Південній Кореї та Європейському Союзі при розробці запобіжних заходів та планів реагування з використанням сучасних інформаційно-технічних підходів, орієнтовані на отримання комплексних рішень, то в провідних країнах тихоокеанського регіону орієнтуються на вирішення більш локальних задач вузькопрофільної направленості. Країни Східної Європи, в тому числі й Україна знаходяться в загальносвітовому тренді щодо вирішення питань розробки сучасних ефективних заходів щодо попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з аваріями на підприємствах критичної інфраструктури, які повинні спиратися на інноваційні інженерно-технічні методи експрес аналізу окремих компонент навколишнього середовища в межах території функціонування об'єктів. В Україні необхідність розробки наведених методів додатково обумовлена наявністю

застарілого обладнання з перевищеними термінами експлуатації, та відповідно, підвищеною частотою виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Література до розділу 1

1. Лобойченко, В.М. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.
2. Указ Президента України «Про Концепцію захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій» від 26 березня 1999 року № 284/99. [Електронний ресурс]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/284/99/print>.
3. Еколого-техногенні проблеми в Україні, що потребують першочергового реагування. Аналітична записка. Вересень 2011 р. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/577/>.
4. Sigma. Natural catastrophes and man-made disasters in 2017: a year of record-breaking losses. Swiss Re Institute. No 1/2018. URL: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/sigma1_2018_en.pdf.
5. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Аналіз безпеки потенційно небезпечних об'єктів. *Техногенно-екологічна безпека*. 2017. Вип. 1. С. 3–7.
6. A Strategic Framework for Emergency Preparedness. Printed by the WHO Document Production Services. Geneva, Switzerland. 2017. 17 p. ISBN 978-92-4-151182-7.
7. Guidance on Water Supply and Sanitation In Extreme Weather Events. Edited by L. Sinisi and R. Aertgeerts. 2011. 128 p. ISBN 978 92 890 0258 5.
8. United Nations. International Decade for Natural Disaster Reduction IDNDR. Early Warning Programme Report on Early Warning for Technological Hazards. P. Krejsa and Convener of International Working Group, Austrian research Centre Seibersdorf Austria. IDNDR Secretariat, Geneva. October 1997. 31 p.
9. What is EPCRA? Overview. URL: <https://www.epa.gov/epcra/what-epcra>.
10. Technical guidance for hazards analysis: Emergency planning for extremely hazardous substances. U.S. Environmental Protection Agency (EPA);

U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA); U.S. Department of Transportation. Washington D.C, US. 1987. 202 p.

11. Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Laws and Regulations. URL: <https://www.epa.gov/rcra>.

12. United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/>.

13. Daniel A. Vallero. Chapter 27. Hazardous Wastes. Editor(s): Trevor M. Letcher, Daniel A. Vallero. Waste. 1st Ed. Academic Press. ISBN: 9780123814760. 2011. P. 393-423.

14. Hazardous Waste Test Methods / SW-846. URL: <https://www.epa.gov/hw-sw846>.

15. Hazard identification report 2019 - Section D - Hazardous materials hazards. URL: <https://www.emergencymanagementontario.ca/english/emcommunity/ProvincialPrograms/HIRA/Report/SectionD.html#Chemical>.

16. NEPA Guidelines for the preparation of an industry emergency response plan. Prepared by Enforcement Branch. 2009. 11 p.

17. Директива СЕВЕЗО (SEVESO). [Электронный ресурс]. URL: <http://pprdeast2.eu/ru/approximation-to-eu/seveso-directive/>.

18. Doherty A., Wood M.H. Emergency Response Planning for Chemical Accident Hazards. Key points and conclusions for Seveso enforcement and implementation. Joint Research Centre. Ispra, Italy. ISBN 978-92-79-54580-1. 2015. EUR 27699 EN. 99 p. doi:10.2788/098.

19. Guide for major hazard facilities: emergency plans. Safe Work Australia. 2012. 52 p. URL: https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/emergency_plans.doc.

20. Brack W. Solutions for present and future emerging pollutants in land and water resources management. Policy briefs summarizing scientific project results for decision makers. Environmental Sciences Europe. 2019. Vol. 31, Article number: 74. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0252-7>.

21. Wang B., Wu Ch., Huang L. et al. Prevention and control of major accidents (MAs) and particularly serious accidents (PSAs) in the industrial domain in China: Current status, recent efforts and future prospects. *Process Safety and Environmental Protection*. 2018.Vol. 117. P. 254-266. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.025>.

22. Yoo B.,Choi S.D. Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16, Iss. 11. 1948 (14 p.). doi:10.3390/ijerph16111948.

23. Heo S., Kim M., Yu H. et al. Chemical accident hazard assessment by spatial analysis of chemical factories and accident records in South Korea. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Vol. 27. 2018, P. 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.016>.

24. Cruz A.M., Okada N. Consideration of natural hazards in the design and risk management of industrial facilities. *Natural Hazards*. 2008. Vol.44, Iss. 2. P. 213–227. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9118-1>.

25. Qu J., Meng X., Hu Q., You H. A novel two-stage evaluation system based on a Group-G1 approach to identify appropriate emergency treatment in sudden water source pollution accidents. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. Vol. 23, Iss. 3. P 2789–2801. DOI: 10.1007/s11356-015-5516-1.

26. Lamrani Alaoui H., Oufdou K.,Mezrioui N. Environmental pollutions impacts on the bacteriological and physicochemical quality of suburban and rural ground water supplies in Marrakesh area (Morocco) *Environmental Monitoring and Assessment*. 2008. Vol. 145, Iss. 1–3. P. 195–207. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-0029-0>.

27. LiuY., ShenY., LvX, LiuQ. Numeric modeling and risk assessment of pollutions in the Chinese Bohai Sea. *Science China Earth Sciences*. 2017.Vol. 60, Iss. 8. P. 1546–1557. <https://doi.org/10.1007/s11430-016-9062-y>.

28. Bruen M., O’Sullivan J.J., Gebre F.A., Purcell P.J. Designing for surfacewater runoff control: end-user requirements in Ireland. *Natural Hazards and*

Earth System Sciences. 2008. Vol. 8, Iss. 4. P. 635–640. <https://doi.org/10.5194/nhess-8-635-2008>.

29. Verreydt G., Van Keer I., Bronders J. et al. Flux-based risk management strategy of groundwater pollutions: the CMF approach. *Environmental Geochemistry and Health*. 2012. Vol. 34, Iss. 6. P. 725–736. <https://doi.org/10.1007/s10653-012-9491-x>.

30. Yan B., Yu F., Xiao X., Wang X. Ground water quality evaluation using a classification model: a case study of Jilin City, China. *Natural Hazards*. 2019. Vol. 99, Iss. 2. P. 735–751. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03770-6>.

31. Wang P., Yao J., Wang G. et al. Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants. *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 693. Art. no. 133440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.246>.

32. Ustaoglu F., Tepe Y. Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil and Water Conservation Research*. 2019. Vol. 7, Iss. 1. P. 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.09.001>.

33. Şener Ş., Şener E., Davraz A. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 584–585. P. 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.102>.

34. Ji X., Dahlgren R.A., Zhang M. Comparison of seven water quality assessment methods for the characterization and management of highly impaired river systems. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. Vol. 188, Iss. 1. Art. no.15. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5016-2>.

35. Mohammadi S., Nadaraja A.V., Roberts D.J., Zarifi M.H., Real-time and Hazard-Free Water Quality Monitoring Based on Microwave Planar Resonator Sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2019. Vol. 303. 111663. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111663>.

36. Murphy R.R., Perry E., Harcum J., Keisman J.A Generalized Additive Model approach to evaluating water quality: Chesapeake Bay case study. *Environmental Modelling & Software*. 2019. Vol. 118. P. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.03.027>.
37. Taillie D.M., O'Neil J.M., Dennison W.C. Water quality gradients and trends in New York Harbor. *Regional Studies in Marine Science*. 2020. Vol. 33. 100922. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100922>.
38. Fredley J., Durako M.J., Hall M.O.. Multivariate analyses link macrophyte and water quality indicators to seagrass die-off in Florida Bay. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 101.P. 692-701. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.074>.
39. Moreno-Rodenas A.M., Tscheikner-Gratl F., Langeveld J.G., Clemens F.H.L.R. Uncertainty analysis in a large-scale water quality integrated catchment modelling study. *Water Research*. 2019.Vol. 158. P. 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.016>.
40. Ferreira D.M., Fernandes C.V.S., Kaviski E., Fontane D. Water quality modelling under unsteady state analysis: Strategies for planning and management. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 239. P. 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.047>.
41. Hassanzadeh E., Strickert G., Morales-Marin L. et al.A framework for engaging stakeholders in water quality modeling and management: Application to the Qu'Appelle River Basin, Canada. *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 231.P. 1117-1126. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.016.
42. Conant B., Robinson C.E., Hinton M.J., Russell H.A.J. A framework for conceptualizing groundwater-surface water interactions and identifying potential impacts on water quality, water quantity, and ecosystems. *Journal of Hydrology*. 2019. Vol. 574. P. 609-627. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.04.050>.
43. Platikanov S., Baquero D., González S. et al. Chemometric analysis for river water quality assessment at the intake of drinking water treatment plants.

Science of The Total Environment. 2019. Vol. 667. P. 552-562. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.423>.

44. Valinia S., Englund G., Moldan F. et al. Assessing anthropogenic impact on boreal lakes with historical fish species distribution data and hydrogeochemical modeling. *Global Change Biology*. 2014. Vol. 20, Iss. 9. P. 2752-2764. doi: 10.1111/gcb.12527.

45. Chenoweth J., Hadjikakou M., Zoumides C. Quantifying the human impact on water resources: a critical review of the water footprint concept. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2014. 18, 2325–2342. doi:10.5194/hess-18-2325-2014.

46. Chapman D. V. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring/ edited by Deborah Chapman, 2nd ed. World Health Organization, Unesco & United Nations Environment Programme. London: E & FN Spon. 1996. ISBN 0419216006. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41850>.

47. Fehér J., Lázár A. A European scale monitoring system to assess water quality of multi-national river basins in the accession countries. *Water Science and Technology*. 2003. Vol. 48. Iss. 10. P. 103-110. <https://doi.org/10.2166/wst.2003.0550>.

48. Kurwadkar S. Ground water Pollution and Vulnerability Assessment. *Water Environment Research*. 2017. Vol. 89, Iss. 10. P.1561-1579. doi: 10.2175/106143017X15023776270584.

49. Ongley E.D. Control of water pollution from agriculture.FAO irrigation and drainage paper 55.GEMS/Water Collaborating Centre. Canada Centre for Inland Waters. Burlington, Canada. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1996. ISBN 92-5-103875-9. URL: <http://www.fao.org/docrep/w2598e/w2598e00.htm#Contents>.

50. Issaka S., Ashraf M.A. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes*. 2017. Vol. 1, Iss. 1. P. 1-11. <http://dx.doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053>.

51. Alqahtani F.Z., Daif Allah S.Y., Alaryan Y.F., et al. Assessment of Major and Trace Elements in Drinking Groundwater in Bisha Area, Saudi Arabia. *Journal of Chemistry*. 2020. Vol. 2020. Article ID 5265634. 10 Pages. <https://doi.org/10.1155/2020/5265634>.

52. Rusanen K., Finer L., Antikainen M., et al. The effect of forest cutting on the quality of groundwater in large aquifers in Finland. *Boreal Environment Research. Monographs*. 2004. Vol. 9. Iss. 3. P. 253-261.

53. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія/ Васенко О.Г., Рибалова О.В., Артем'єв С.Р. та інші. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.

54. Tekade P.V., Mohabansi N.P. and Bajoria J.R. A comparative study and analysis of water sources from Dham river of Pavnar, Maharashtra, India. *Pollution Research*. 2010. Vol. 29, Iss. 4. P. 647-649.

55. Azad N.P., Ahmed G.U. A preliminary study on soil and water quality of makum coalfield, Aassam, India. *Pollution Research*. 2013. Vol. 32, Iss. 04. P. 817-821.

56. Kamboj N., Kamboj V. Water quality assessment using overall index of pollution in riverbed-mining area of Ganga-River Haridwar, India. *Water Science*. 2019. Vol. 33, Iss. 1. P. 65-74. <https://doi.org/10.1080/11104929.2019.1626631>.

57. Sheeja R.V., Joseph S., Jaya D.S. Assessment of physico-chemical characteristics of Neyyar river basin, Kerala. *Pollution Research*. 2011. Vol. 30, Iss. 2. P. 177-184.

58. Wang Y., He B., Duan W. et al. Source Apportionment of Annual Water Pollution Loads in River Basins by Remote-Sensed Land Cover Classification. *Water*. 2016. Vol. 8. Iss. 9. 361. <https://doi.org/10.3390/w8090361>.

59. Ashfaq A. Assessment of potential, status and remedial measures for groundwater: a perspective view. *Pollution Research*. 2012. Vol.31, Iss. 3. P. 403-405.

60. Verma P., Singh P.K., Sinha R.R., Tiwari A.Z.K. Assessment of groundwater quality status by using water quality index (WQI) and geographic

information system (GIS) approaches: a case study of the Bokaro district, India. *Applied Water Science*. 2020. Vol. 10, Iss. 1. Article number: 27. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1088-4>.

61. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping. IAH-Selected Papers, vol. 11. Ed. by A.J. Witkowski, A. Kowalczyk, J. Vrba. 1st Edition. CRC Press. 2007. 260 p. ISBN 9780367388690.

62. Abbasi T. and Abbasi S.A. Water Quality Indices. Elsevier. 2012. 384 p. ISBN-10: 0444638369.

63. Tyagi Sh., Sharma B., Singh P., Dobhal R. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *American Journal of Water Resources*. 2013. Vol. 1, Iss. 3. P. 34-38. DOI: 10.12691/ajwr-1-3-3.

64. Nyarko E., Lamptey A.M., Owiredo-Amaning D.A. Application of water quality index for assessment of the nearshore coastal waters of Accra, Ghana. *Pollution Research*. 2015. Vol. 34, Iss. 4. P. 657-666.

65. Sukumar E., Savidha R., Magudeswaran P.N. Assessment of subsurface water quality in the residential areas around Ambattur Industrial Estate, Chennai. *Pollution Research*. 2012. Vol.31, Iss. 2. P. 143-148.

66. Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report. Prepared and published by the United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme, Canada, 2007. 58 p. ISBN 92-95039-14-9.

67. Jahan S., Strezov V. Water quality assessment of Australian ports using water quality evaluation indices. *PLoS ONE*. 2017. 12(12):e0189284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189284>.

68. Shen, D. Water Resources Management of the People's Republic of China. Springer International Publishing, 2021, 455 p. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61931-2>.

69. Wu Z., Zhang D., Cai Y. et al. Water quality assessment based on the water quality index method in Lake Poyang: The largest freshwater lake in

China. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Article number: 17999. doi: 10.1038/s41598-017-18285-y.

70. Wu Z., Wang X., Chen Y. et al. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 612. P. 914-922. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.293>.

71. Ramos M.A.G., Buenode Oliveira E.S., Pião A.C.S. et al. Water Quality Index (WQI) of Jaguariand Atibaia Rivers in the region of Paulínia, São Paulo, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. Vol. 188, Iss. 5. Article: 263. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5261-z>.

72. Gazzaz N.M., Yusoff M.K., Aris A.Z. et al. Artificial neural network modeling of the water quality index for Kinta River (Malaysia) using water quality variables as predictors. *Marine Pollution Bulletin*. 2012. Vol. 64, Iss. 11. P. 2409-2420. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.08.005.

73. Sutadian A.D., Mutti I.N., Yilmaz A., Perera B. J. C. Development of river water quality indices-are view. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. Vol. 188, Iss. 1. Article number: 58. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5050-0>.

74. Maskooni E.K. Naseri-Rad M. Berndtsson R. Nakagawa K. Use of Heavy Metal Content and Modified Water Quality Index to Assess Groundwater Quality in a Semiarid Area. *Water*. 2020. Vol.12, Iss. 4. 1115. <https://doi.org/10.3390/w12041115>.

75. Focazio M.J., Reilly T.E., Rupert M.G., Helsel D.R. Assessing Groundwater Vulnerability to Contamination: Providing Scientifically Defensible Information for Decision Makers. *U.S. Geological Survey Circular 1224*. 2002. 33 p.

76. Vías J.M., Andreo B., Perles M.J., Carrasco F. A comparative study of four schemes for groundwater vulnerability mapping in a diffuse flow carbonate aquifer under Mediterranean climatic conditions. *Environmental Geology*. 2005. Vol. 47, Iss. 4. P. 586–595. DOI 10.1007/s00254-004-1185-y.

77. Kazakis N., Voudouris K. Comparison of three applied methods of groundwater vulnerability mapping: A case study from the Florina basin, Northern Greece. In: Lambrakis N., Stournaras G., Katsanou K. (eds) *Advances in the Research of Aquatic Environment. Environmental Earth Sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2011. P.359-367. ISBN 978-3-642-24076-8. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24076-8_42.

78. Kumar S., Thirumalaivasan D., Radhakrishnan N., Mathew S. Ground water vulnerability assessment using SINTACS model. *Geomatics, Natural Hazard and Risk*. 2013. Vol. 4, Iss. 4. P. 339-354. DOI: 10.1080/19475705.2012.732119.

79. Galitskaya I.V., Mohan K.R., Krishna A.K. et al. Assessment of soil and Groundwater Contamination by Heavy Metals and Metalloids in Russian and Indian Megacities. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2017. Vol. 17. P. 674-677.

80. Serpa D., Keizer J.J., Cassidy J. et al. Assessment of river water quality using an integrated physicochemical, biological and ecotoxicological approach. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2014. Vol. 16, Iss. 6. P. 1434-1444. DOI: 10.1039/C3EM00488K.

81. Sikder M.T., Kihara Y., Yasuda M. et al. River Water Pollution in Developed and Developing Countries: Judge and Assessment of Physicochemical Characteristics and Selected Dissolved Metal Concentration. *Clean Soil Air Water*. 2013. Vol. 41, Iss. 1. P. 60-68. doi:10.1002/clen.201100320.

82. Jørgensen L.F., Stockmarr J. Groundwater monitoring in Denmark: characteristics, perspectives and comparison with other countries. *Hydrogeology Journal*. 2009. Vol. 17, Iss. 4. P. 827–842. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0398-7>.

83. Palma P., Alvarenga P., Palma V.L. et al. Assessment of anthropogenic sources of water pollution using multivariate statistical techniques: a case study of the Alqueva's reservoir, Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2010. Vol. 165, Iss. 1-4. P. 539-552. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0965-y>.

84. Palma P., Alvarenga P., Palma V. et al. Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir

(Portugal). *Environmental Science and Pollution Research*. 2010. Vol. 17, Iss. 3. P. 703-716. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0143-3>.

85. Palma P., Ledo L., Soares S. et al. Integrated environmental assessment of freshwater sediments: a chemical and ecotoxicological approach at the Alqueva reservoir. *Environmental Geochemistry and Health*. 2014. Vol. 36, Iss. 2. P.209–223. doi:10.1007/s10653-013-9559-2.

86. Singh K.P., Malik A., Mohan D., Sinha S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)- a case study. *Water Research*. 2004. Vol. 38, Iss. 18, P. 3980-3992. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>.

87. Srinivas R., Singh A.P., Jain V. et al. Evaluation and Quantification of Pollution Caused by Open Drains in Ganges River Basin Using Multivariate Cluster Analysis. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2020. Vol. 17, Iss. 1. P. 75–82. DOI: 10.3233/AJW200008.

88. Vo-Van T., Nguyen-Hai A., Tat-Hong M.V. A New Clustering Algorithm and Its Application in Assessing the Quality of Underground Water. *Scientific Programming*. 2020. Vol. 2020. Article ID 6458576. 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/6458576>.

89. Westling N., Stromberg P.M., Swain R.B. Can upstream ecosystems ensure safe drinking water—Insights from Sweden. *Ecological Economics*. 2020. Vol. 169.106552. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106552>.

90. Chang H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. *Water Research*. 2008. Vol. 42, Iss. 13. P. 3285–3304. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.04.006>.

91. Noori R., Sabahi M.S., Karbassi A.R. et al. Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination*. 2010. Vol. 260, Iss. 1–3. P. 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.04.053>.

92. Zhao J., Fu G., Lei K., Li Y. Multivariate analysis of surface water quality in the Three Gorges area of China and implications for water management. *Journal*

of Environmental Sciences. 2011. Vol. 23, Iss. 9. P. 1460–1471.
[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60599-2](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60599-2).

93. Zhai X., Xia J., Zhang Y. Water quality variation in the highly disturbed Huai River Basin, China from 1994 to 2005 by multi-statistical analyses. *Science of The Total Environment*. 2014. Vol. 496. P. 594–606.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.101>

94. Wang Y., Wang P., Bai Y. et al. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China. *Journal of Hydro-environment Research*. 2013. Vol. 7, Iss. 1. P. 30–40.
<https://doi.org/10.1016/j.jher.2012.10.003>.

95. Fan X., Cui B., Zhao H. et al. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. *Procedia Environmental Sciences*. 2010. Vol. 2. P. 1220–1234. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.133>.

96. Xu H.S., Xu Z.X., Wu W., Tang F.F. Assessment and Spatiotemporal Variation Analysis of Water Quality in the Zhangweinan River Basin, China. *Procedia Environmental Sciences*. 2012. Vol. 13. P. 1641–1652. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.157>.

97. Zhang Q., Wang H., Wang Y. et al. Groundwater quality assessment and pollution source apportionment in an intensely exploited region of northern China. *Environmental science and pollution research international*. 2017. Vol. 24, Iss. 20. P. 16639–16650. doi: 10.1007/s11356-017-9114-2.

98. Khalil B., Ouarda T.B.M.J. Statistical approaches used to assess and redesign surface water-quality-monitoring networks. *Journal of Environmental Monitoring*. 2009. Vol. 11. Iss.11. P. 1915–1929. <https://doi.org/10.1039/B909521G>.

99. Ou C., St-Hilaire A., Ouarda T.B.M.J. et al. Coupling geostatistical approaches with PCA and fuzzy optimal model (FOM) for the integrated assessment of sampling locations of water quality monitoring networks (WQMN). *Journal of Environmental Monitoring*. 2012. Vol. 14, Iss. 12, P. 3118–3128.
<https://doi.org/10.1039/C2EM30372H>.

100. Guigues N., Desenfant M., Hance E. Combining multivariate statistics and analysis of variance to redesign a water quality monitoring network. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2013. Vol. 15, Iss. 9. P. 1692–1705. DOI: 10.1039/c3em00168g.

101. Zhang Y., Chu C., Li T. et al. A water quality management strategy for regionally protected water through health risk assessment and spatial distribution of heavy metal pollution in 3 marine reserves. *Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 599–600. P. 721–731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.232>.

102. Zrelli R.E., Rabaoui L., Alaya M.B. et. al. Seawater quality assessment and identification of pollution sources along the central coastal area of Gabes Gulf (SE Tunisia): Evidence of industrial impact and implications for marine environment protection. *Marine Pollution Bulletin*. 2018. Vol. 127. P. 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.012>.

103. Howladarv M.F. An assessment of surface water chemistry with its possible sources of pollution around the Barapukuria Thermal Power Plant impacted area, Dinajpur, Bangladesh. *Groundwater for Sustainable Development*. 2017. Vol. 5. P. 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.03.004>.

104. El-Zeiny A., El-Kafrawy S. Assessment of water pollution induced by human activities in Burullus Lake using Landsat 8 operational land imager and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2017. Vol. 20, Suppl. 1. P. S49–S56. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.10.002>.

105. Rostom N.G., Shalaby A.A., Issa Y.M., Afifi A.A. Evaluation of Mariut Lake water quality using Hyperspectral Remote Sensing and laboratory works. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2017. Vol. 20, Suppl. 1. S39–S48. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.11.002>.

106. Abdel-Satar A.M., Ali M.H., Goher M.E. Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 2017. Vol. 43, Iss. 1. P. 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2016.12.006>.

107. Li R., Zou Z., An Y. Water quality assessment in Qu River based on fuzzy water pollution index method. *Journal of Environmental Sciences*. 2016. Vol. 50. P. 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.03.030>.

108. Gholizadeh M.H., Melesse A.M., Reddi L. Water quality assessment and apportionment of pollution sources using APCS-MLR and PMF receptor modeling techniques in three major rivers of South Florida. *Science of The Total Environment*. 2016. Vol. 566–567. P. 1552–1567. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.046>.

109. Sun R, Wang Z.Z., Chen L., Wang W. Assessment of Surface Water Quality at Large Watershed Scale: Land-Use, Anthropogenic, and Administrative Impacts. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*. 2012. Vol. 49, Iss. 4. P. 741–752. DOI: 10.1111/jawr.12033.

1110. Wang X.L., Lu Y.L., Han J.Y et al. Identification of anthropogenic influences on water quality of rivers in Taihu watershed. *Journal of Environmental Sciences*. 2007. Vol. 19, Iss. 4. P. 475–481. DOI: 10.1016/s1001-0742(07)60080-1.

111. Selvakumar S., Chandrasekar N., Kumar G. Hydrogeochemical characteristics and groundwater contamination in the rapid urban development areas of Coimbatore, India. *Water Resources and Industry*. 2017. Vol. 17. P. 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2017.02.002>.

112. Wang R., Xu L., Li W. Application and Analysis of Different Evaluation Methods in Water Quality Evaluation of Jinxiuchuan Reservoir. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 170, Iss. 2. 022078. [10.1088/1755-1315/170/2/022078](https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/2/022078).

113. Duan W., He B., Nover D. et al. Water Quality Assessment and Pollution Source Identification of the Eastern Poyang Lake Basin Using Multivariate Statistical Methods. *Sustainability (Switzerland)*. 2016, Vol. 8, Iss. 2. 133. DOI:10.3390/su8020133.

114. Wang T., Xu S., Liu J. Dynamic Assessment of Comprehensive Water Quality Considering the Release of Sediment Pollution. *Water*. 2017. Vol. 9, Iss. 4. 275. DOI:10.3390/w9040275.

115. Varol M., Gökot B., Bekleyen A., Şen, B. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Tigris river (Turkey) using multivariate statistical techniques - a case study. *River Research and Applications*. 2012. Vol. 28, Iss. 9. P. 1428–1438. doi:10.1002/rra.1533.
116. Gu Q., Deng J., Wang K. et al. Identification and Assessment of Potential Water Quality Impact Factors for Drinking-Water Reservoirs. *International journal of environmental research and public health*. 2014. Vol.11, Iss. 6. P. 6069-6084. doi:10.3390/ijerph110606069.
117. An Y., Zou Z., Li R. Water Quality Assessment in the Harbin Reach of the Songhuajiang River (China) Based on a Fuzzy Rough Set and an Attribute Recognition Theoretical Model. *International journal of environmental research and public health*. 2014. Vol. 11, Iss. 4. P. 3507–3520. doi:10.3390/ijerph110403507.
118. Shrestha S., Kazama F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fujiriver basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*. 2007. Vol. 22, Iss. 4. P. 464–475. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.02.001>.
119. Koff T., Vandiel E., Marzecová A. et al. Assessment of the effect of anthropogenic pollution on the ecology of small shallow lakes using the palaeolimnological approach. *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2016. Vol. 65, Iss. 4. P. 221–233. doi: 10.3176/earth.2016.19.
120. Xu J., Liu C., Hsu P.-C. et al. Remediation of heavy metal contaminated soil by asymmetrical alternating current electrochemistry. *Nature Communications*. 2019. Vol. 10. Article number: 2440. doi:10.1038/s41467-019-10472-x.
121. Khalid S., Shahid M., Niazi N.B. et al. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*. 2017. Vol. 182, Part B. P. 247–268. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.11.021>.
122. Framework For the Management of Contaminated Land. Environmental affairs Republic of South Africa. 2010. 326 p.

123. Guidelines for the assessment on-site containment of contaminated soil. Australian and New Zealand environment and conservation Council. 199. 61 p.

124. Ashraf M.A., Maah M.J., Yusoff I. Soil Contamination, Risk Assessment and Remediation. Chapter in: M.C. Hernandez-Soriano (Ed.), Environmental Risk Assessment of Soil Contamination, IntechOpen Limited, London, UK. 2014. DOI: 10.5772/57287.

125. Devi N.L., Yadav I.C. Chemometric evaluation of heavy metal pollutions in Patna region of the Ganges alluvial plain, India: implication for source apportionment and health risk assessment. *Environmental Geochemistry and Health*. 2018. Vol. 40, Iss. 6. P. 2343–2358. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0101-4>.

126. Barba S., Naddeo V., Mardisa P., Belgiorno V. Contaminated Soil Remediation: A Novel Cartographic Model for the Representation of Technical Maps. 2019. In: Ameen H., Sorour T. (eds) Sustainability Issues in Environmental Geotechnics. GeoMEast 2018. Sustainable Civil Infrastructures. Springer, Cham. 2018. P. 105–114. ISBN978-3-030-01929-7. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01929-7_8.

127. Brewer R., Peard J., Heskett M.A. Critical Review of Discrete Soil Sample Data Reliability: Part 2 - Implications, Soil and Sediment Contamination. 2017. *An International Journal*. Vol, 26, Iss. 1. P. 23–44. DOI: 10.1080/15320383.2017.1244172.

128. Liu D., Li Y., Ma J. et al. Heavy Metal Pollution in Urban Soil from 1994 to 2012 in Kaifeng City, China. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2016. Vol. 227. Article number: 154. <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2788-0>.

129. Tang X., Shen C., Chen L. et al. Inorganic and organic pollution in agricultural soil from an emerging e-waste recycling town in Taizhou area, China. *Journal of Soils and Sediments*. 2010, Vol. 10, Iss. 5. P. 895–906. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0252-0>.

130. Leung A., Cai Z., Wong, M. Environmental contamination from electronic waste recycling at Guiyu, southeast China. *Journal of Material Cycles*

and Waste Management. 2006. Vol. 8, Iss. 1. P. 21–33. <https://doi.org/10.1007/s10163-005-0141-6>.

131. Kumar P., Fulekar M.H. Multivariate and statistical approaches for the evaluation of heavy metals pollution at e-waste dumping sites. *SN Applied Sciences*. 2019. Vol. 1. Article number: 1506. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1559-0>.

132. Liu G., Wang J., Zhang E. et al. Heavy metal speciation and risk assessment in dry land and paddy soils near mining areas at Southern China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. Vol. 23, Iss. 9. P. 8709–8720. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6114-6>.

133. Liu X., Bai Z., Shi H. et al. Heavy metal pollution of soils from coal mines in China. *Natural Hazards*. 2019. Vol. 99, Iss. 2. P. 1163–1177. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03771-5>.

134. Yao D., Meng J., Zhang Z. Heavy metal pollution and potential ecological risk in reclaimed soils in Huainanmining area. *Journal of Coal Science and Engineering (China)*. 2010. Vol. 16, Iss. 3. P. 316–319. <https://doi.org/10.1007/s12404-010-0319-y>.

135. You M., Huang Y., Lu J. Li C. Characterization of Heavy Metals in Soil Near Coal Mines and a Power Plant in Huainan, China. *Analytical Letters*. 2015. Vol. 48, Iss. 4. P. 726 - 737 <https://doi.org/10.1080/00032719.2014.940531>.

136. Yu L., Cheng J., Zhan J., Jiang A. Environmental quality and sources of heavy metals in the top soil based on multivariate statistical analyses: a case study in Laiwu City, Shandong Province, China. *Natural Hazards*. 2016. Vol. 81, Iss. 3. P. 1435–1445. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2130-y>.

137. Chen H., Zhao G., Li Y. et al. Monitoring the seasonal dynamics of soil salinization in the Yellow River delta of China using Landsat data, *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2019. Vol. 19, Iss. 7. P. 1499–1508, <https://doi.org/10.5194/nhess-19-1499-2019>.

138. Sun H., Zhu L., Zhou D. POLSOIL: research on soil pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018, Vol. 25, Iss.1. P. 1–3. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1055-2>.

139. Vuurens S., Stagnitti F., de Rooij G. et al. Quantifying effects of soil heterogeneity on groundwater pollution at four sites in USA. *Science in China Series C: Life Sciences*. 2005. Vol. 48, Suppl. 1. P. 118–127. <https://doi.org/10.1007/BF02889809>.
140. Obade V.P., Lal R. Assessing land cover and soil quality by remote sensing and geographical information systems (GIS). *CATENA*. 2013. Vol. 104. P. 77–92. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.10.014>.
141. Tarcan G., Akıncı G., Danışman M.A. Assessment of the Pollution from Tannery Effluents upon Waters and Soils in and Around Kula Vicinity, Turkey. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2010, Vol. 213, Iss. 1–4. P. 199–210. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0378-0>.
142. Cánovas C.R., Caro-Moreno D., Jiménez-Cantizano F.A. et al. Assessing the quality of potentially reclaimed mine soils: Environmental implications for the construction of a nearby water reservoir. *Chemosphere*. 2019. Vol. 216. P. 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.018>.
143. Oumenskou H., El Baghdadi M., Barakat A. et al. Assessment of the heavy metal contamination using GIS-based approach and pollution indices in agricultural soils from Beni Amir irrigated perimeter, Tadlaptain, Morocco. *Arabian Journal of Geosciences*. 2018. Vol. 11. Article number: 692. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4021-5>.
144. Zimakowska-Gnoińska D., Bech J., Tobias F. J. Assessment of the Heavy Metal Pollution Effects on the Soil Respiration in the Baix Llobregat (Catalonia, NE Spain). *Environmental Monitoring and Assessment*. 2000. Vol. 61, Iss. 2. P. 301–313. <https://doi.org/10.1023/A:1006105329210>.
145. Santos-Francés F., Martínez-Graña A., Ávila-Zarza C. et al. Comparison of methods for evaluating soil quality of semiarid ecosystem and evaluation of the effects of physico-chemical properties and factor soil erodibility (Northern Plateau, Spain). *Geoderma*. 2019. Vol. 354. Article 113872. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.030>.

146. Shi Z., Tang Z., Wang C. A brief review and evaluation of earthworm biomarkers in soil pollution assessment. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24, Iss. 15. P. 13284–13294. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8784-0>.

147. Simona C., Angela R.F., de Santo Amalia V. Suitability of soil microbial parameters as indicators of heavy metal pollution. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2004. Vol. 158, Iss. 1. P. 21–35. <https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000044824.88079.d9>.

148. Nava-Martínez E.C., Flores-García E., Espinoza-Gomez H., Wakida F.T. Heavy metals pollution in the soil of an irregular urban settlement built on a former dumpsite in the city of Tijuana, Mexico. *Environmental Earth Sciences*. 2012. Vol. 66, Iss. 4. P. 1239–1245. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1335-y>.

149. Johannes A., Weisskopf P., Schulin R., Boivin P. Soil structure quality indicators and their limit values. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 104. P. 686-694, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.040>.

150. Nguyen Th. Lan. B., Kobayashi T., Suetsugu A. et al. Estimating the Possibility of Surface Soil Pollution with Atmospheric Lead Deposits Using the ADMER Model. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, Iss. 3. 720. <https://doi.org/10.3390/su10030720>.

151. Pidgeon N., O’Leary M. Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail. *Safety Science*. Vol. 34, Iss. 1–3. 2000. P. 15–30, [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00004-7).

152. Anderson A.R., Wu J. Top Five Industries Resulting in Injuries from Acute Chemical Incidents — Hazardous Substance Emergency Events Surveillance, Nine States, 1999–2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries*. 2015. Vol. 64, № 2. P. 47–53.

153. Willey R.J. West Fertilizer Company fire and explosion: A summary of the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board report. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2017. Vol. 49, Part B. P. 132–138. DOI: [10.1016/j.jlp.2017.06.008](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.06.008).

154. History of Recent Industrial Disasters in the United States. URL: <https://www.arnolditkin.com/personal-injury-blog/2015/july/history-of-recent-industrial-disasters-in-the-un/>.

155. West Fertilizer Company explosion. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/West_Fertilizer_Company_explosion.

156. Two workers die in accident at El Paso wastewater treatment plant. URL: <https://www.watertechonline.com/wastewater/article/15546530/two-workers-die-in-accident-at-el-paso-wastewater-treatment-plant>.

157. EPA consent decree to cost Meridian \$126 million over 20 years. URL: https://www.meridianstar.com/news/epa-consent-decree-to.-cost-meridian-million-over-years/article_17a8321e-68e8-11e8-9fc5-0b815ea78128.html.

158. Accident on the job at wastewater plant causes death of 2 workers. URL: <https://www.ldglaw.com/blog/2014/10/accident-on-the-job-at-wastewater-plant-causes-death-of-2-workers.shtml>.

159. Evangeline Enterprises agrees to settlement for EPA violations. URL: <https://katc.com/news/around-acadiana/lafayette-parish/2018/10/31/evangeline-enterprises-agrees-to-settlement-for-epa-violations/>.

160. Industrial Accident At Water Treatment Plant Makes It To State Supreme Court, Construction Accident At Same Facility In The Meantime. URL: <https://christmasinjurylawyers.com/blog/industrial-accident-at-water-treatment-plant-makes-it-to-state-supreme-court/>.

161. Case Summary: Removal Settlement Addresses Discharge of High pH Water into the North Fork Holston River in Virginia. URL: <https://www.epa.gov/enforcement/case-summary-removal-settlement-addresses-discharge-high-ph-water-north-fork-holston>.

162. Case Summary: Third Party Settlement at Bunker Hill Site to Secure Wastewater Treatment and Remove a Barrier to New Mining Operations. URL: <https://www.epa.gov/enforcement/case-summary-third-party-settlement-bunker-hill-site-secure-wastewater-treatment-and>.

163. 3 injured in wastewater treatment plant explosion. URL: <https://www.wtnh.com/news/connecticut/fairfield/3-injured-in-wastewater-treatment-plant-explosion/>.

164. Environmental Response Laboratory Network (ERLN). URL: <https://www.epa.gov/emergency-response/environmental-response-laboratory-network>.

165. Qu J., Meng X., Ye X., You H. Characteristic variation and original analysis of emergent water source pollution accidents in China between 1985 and 2013. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. Vol. 23, Iss. 19. P. 19675–19685. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7164-5>.

166. China chemical plant explosion kills 4. URL: <https://apnews.com/2abf3eff90ef45aca011adf5a6ef2330>.

167. Chinese Authorities Shut Industrial Park After Chemical Blast Kills 78 People. URL: <https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/04/08/523146.htm>.

168. Insurance Claims from China's Tianjin Port Blasts Riset to \$3.5 B: SwissRe's 'sigma'. URL: <https://www.insurancejournal.com/news/international/2016/03/30/403468.htm>.

169. Massive Explosion at Chinese Pesticide Plant Kills at Least 64. URL: <https://www.insurancejournal.com/news/international/2019/03/25/521548.htm>.

170. Dai Y., Terui N., Lin Y. et al. Determination of nitrobenzene in water and ice samples collected from the Songhua River after an explosion of a petrochemical plant and investigation on enclosing behavior of nitrobenzene into ice. *Analytical sciences: the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*. 2010. Vol. 26, Iss. 4. P. 519–523. <https://doi.org/10.2116/analsci.26.519>.

171. Gao Y., Xia J. Chromium Contamination Accident in China: Viewing Environment Policy of China. *Environmental Science & Technology*. 2011. Vol. 45, Iss. 20. P.8605–8606DOI: 10.1021/es203101f.

172. Zhang X.J., Chen C., Lin P.F. et al. Emergency drinking water treatment during source water pollution accidents in China: origin analysis, framework and

technologies. *Environmental Science & Technology*. 2011. Vol. 45, Iss. 1. P. 161–167. DOI: 10.1021/es101987e.

173. Duan W., He B., Levy J. K. Emergency Response System for Pollution Accidents in Chemical Industrial Parks, China. *International journal of environmental research and public health*. 2015. Vol. 12. P. 7868–7885. doi:10.3390/ijerph120707868.

174. Storey M.V., van der Gaag B., Burns B.P. Advances in on-line drinking water quality monitoring and early warning systems. *Water Research*. 2011. Vol. 45, Iss. 2. P. 741–747. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.08.049>.

175. Water Management in Korea: Experiences and Achievements. August 2017. Ministry of Environment. 94 p.

176. Yoo B., Choi S.D. Emergency Evacuation Plan for Hazardous Chemicals Leakage Accidents Using GIS-based Risk Analysis Techniques in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16. Iss. 11. 1948. <https://doi.org/10.3390/ijerph16111948>.

177. Soil pollution cases on the increase. URL: <https://www.japantimes.co.jp/news/2002/02/27/national/soil-pollution-cases-on-the-increase/>.

178. Water Environmental Management in Japan. URL: http://www.waternunc.com/jp/history_jp.htm.

179. Minamata disease. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Minamata_disease.

180. Itai-itai disease. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Itai-itai_disease.

181. Mohan Rao P.V.J. Industrial accidents impact on environment. *Global Journal of Engineering, Design and Technology*. 2013. Vol. 2, Iss. 4. P. 41–42.

182. Ross H., Regier H. Pollution. The Canadian Encyclopedia. URL: <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/pollution>.

183. Berman T. Canada's most shameful environmental secret must not remain hidden. URL: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/nov/14/canadas-shameful-environmental-secret-tar-sands-tailings-ponds/>.

184. Mosa A., Duffin J. The interwoven history of mercury poisoning in Ontario and Japan. *CMAJ: Canadian Medical Association journal/journal de l'Association medicale canadienne*. 2017. Vol. 189, Iss. 5. P. E213–E215. doi:10.1503/cmaj.160943.

185. Third death in sewage treatment plant mishap at Delhi hotel. URL: <https://indianexpress.com/article/cities/delhi/third-death-in-sewage-treatment-plant-mishap-at-hotel-5167360/>.

186. NHRC seeks report on death of 5 people at sewage treatment plant in Delhi. URL: <https://www.indiatoday.in/mail-today/story/nhrc-seeks-report-on-death-of-5-people-at-sewage-treatment-plant-in-delhi-1337309-2018-09-11s>.

187. Tragedy at sewage plant was ‘justafreakaccident’. URL: <https://www.iol.co.za/news/south-africa/northern-cape/tragedy-at-sewage-plant-was-just-a-freak-accident-2088525>.

188. AN INQUIRY INTO. The Death of Ten Tannery Workers at the Common Effluent Treatment Plant in Ranipet Tamil Nadu on January 31, 2015. A Fact-finding Report by Cividep India. 23 p. URL: <http://cividep.org/wp-content/uploads/2017/04/Ranipet-Tanneries-CETP-Mishap-Report-compressed.pdf>.

189. Tourists in Europe are swimming in raw sewage despite ‘Blue Flags’. URL: <https://www.waternewseurope.com/tourists-in-europe-are-swimming-in-raw-sewage-despite-blue-flags/>.

190. Irish Water blasted for not letting swimmers know about Dublin Bayrawsewageleak. Gavin O’Callaghan. URL: <https://www.dublinlive.ie/news/dublin-news/irish-water-blasted-not-letting-15891305>.

191. Is enough being done to keep Dublin Bays afe for swimmers this summer? URL: <https://www.thejournal.ie/cause-prevention-sewage-leaks-dublin-bay-4694943-Jun2019/>.

192. Dechy N., Bourdeaux Th., Ayrault N. et al. First lessons of the Toulouse ammonium nitrate disaster, 21st September 2001, AZF plant, France. *Journal of Hazardous Materials*. 2004. Vol. 111, Iss.1–3. P. 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.02.039>.

193. Dechy N., Mouilleau Y. Damages of the Toulouse Disaster, 21st September 2001. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. 11 th International Symposium. Loss Prevention 2004 Praha Congress Centre 31 May – 3 June 2004. P. 2353–2363.

194. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe. Environmental issue report № 35. EEA, Copenhagen, 2003, 54 p. ISBN: 92-9167-630-6.

195. Rawsewage ‘flowing in toriversacross Englandand Wales’. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2017/oct/16/raw-sewage-flowing-into-rivers-across-england-and-wales>.

196. Untreated sewage and cyanide kill thousands of fish in riverT ren. URL: <https://www.theguardian.com/uk/2009/oct/07/pollution-river-trent-investigation>.

197. H. Blackburn, R. O’Neill and Ch. R.-Wilson et. al. Flushed away: How sewage is still polluting the rivers of England and Wales. WWF-UK, 2017. 70 p.

198. Teodosiu C., Robu B., Cojocariu C., Barjoveanu G. Environmental impact and risk quantification based on selected water quality indicators. *Natural Hazards*. 2015. Vol. 75, Iss. 1 Suppl. P. 89–105. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0637-7>.

199. Leščešen I., Dolinaj D., Pantelić M.et al. Statistical Analysis of Water Quality Parameters in Seven Major Serbian Rivers during 2004–2013 Period. *Water Resources*. 2018. Vol. 45, Iss. 3. P. 418–426. <https://doi.org/10.1134/S0097807818030089>.

200. Obradović S., Pantelić M., Stojanović V. et al. Danube water quality and assessment on ecotourism in the biosphere reserve ‘Bačko Podunavlje’ in Serbia. *Water Supply*. 2020. Vol. 20, Iss. 4. P. 1215–1228. doi: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.036>.

201. Leščešen I., Pantelić M., Dolinaj D., Lukic T. Assessment of water quality of the Tisa river (Vojvodina, North Serbia) for ten year period using Serbian

Water Quality Index (SWQI). *Geographica Pannonica*. 2014. Vol. 18, Iss. 4. P. 102–107. doi: 10.5937/GeoPan1404102.

202. Takić L., Mladenović-Ranisavljević I., Vasović D., Đorđević L. The Assessment of the Danube River Water Pollution in Serbia. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2017. Vol. 228. Article number:380. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3551-x>.

203. Tadić L., Šperac M., Karleuša B., Rubinić J. Water Quality Status of Croatian Surface Water Resources. From: Negm A., Romanescu G., Zelenakova M. (eds) *Water Resources Management in Balkan Countries*. Springer Water. Springer, Cham. 2020. P. 133–158. ISBN978-3-030-22468-4. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22468-4_6.

204. Dimitrovska O., Radevski I., Gorin S. Water Quality and Pollution Status of the Main Rivers in the Republic of North Macedonia. From: Negm A., Romanescu G., Zelenakova M. (eds) *Water Resources Management in Balkan Countries*. Springer Water. Springer, Cham. 2020. P. 389–418. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22468-4_15.

205. Páll E., Niculae M., Kiss T. et al. Human impact on the microbiological water quality of the rivers. *Journal of medical microbiology*. 2013. Vol. 62, Iss. 11. P. 1635–1640. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.055749-0>.

206. Lenart-Boroń A., Wolanin A., Jelonkiewicz E., Żelazny M. The effect of anthropogenic pressure shown by microbiological and chemical water quality indicators on the main rivers of Podhale, southern Poland. *Environmental science and pollution research international*. 2017. Vol. 24, Iss.14. P. 12938–12948. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8826-7>.

207. Saljnikov E., Mrvić V., Čakmak D. et al. Pollution in dices and sources appointment of heavy metal pollution of agricultural soils near the thermal power plant. *Environmental Geochemistry and Health*. 2019., Vol. 41, Iss. 5. P. 2265–2279. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00281-y>.

208. Zawadzki J., Fabijańczyk P., Magiera T., Rachwał M. Geostatistical Microscale Study of Magnetic Susceptibility in Soil Profile and Magnetic Indicators

of Potential Soil Pollution. *Water, Air & Soil Pollution*. 2015. Vol. 226. Article number: 142. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2395-5>.

209. Gruszecka A.M., Wdowin M. Characteristics and distribution of analyzed metals in soil profiles in the vicinity of a postflotation waste site in the Bukowno region, Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2013. Vol. 185, Iss. 10. P. 8157–8168. DOI: 10.1007/s10661-013-3164-9.

210. Astel A.M., Chepanova L., Simeonov V. Soil Contamination Interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2011. Vol. 216, Iss. 1–4. P. 375–390. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0539-1>.

211. Bityukova L., Shogenova A., Birke M. Urban geochemistry: A study of element distributions in the soils of Tallinn (Estonia). *Environmental Geochemistry and Health*. 2000. Vol. 22, Iss. 2. P. 173–193. <https://doi.org/10.1023/A:1006754326260>.

212. Huremović J., Horvat M., Kotnik J. et al. Characterization of Mercury Contamination Surrounding a Chloralkali Production Facility in Tuzla, Bosnia and Herzegovina. *Analytical Letters*. 2017. Vol. 50, Iss. 6. <https://doi.org/10.1080/00032719.2016.1205595>.

213. Zupan M., Einax J.W., Kraft J. et al. Chemometric characterization of soil and plant pollution: Part 1: Multivariate data analysis and geostatistical determination of relationship and spatial structure of inorganic contaminants in soil. *Environmental Science and Pollution Research*. 2000. Vol. 7, Iss. 2. P. 89–96. <https://doi.org/10.1065/espr199910.008>.

214. Horváth A., Szűcs P., Bidló A. Soil condition and pollution in urban soils: evaluation of the soil quality in a Hungarian town. *Journal of Soils and Sediments*. 2015. Vol. 15, Iss. 8. P. 1825–1835. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0991-4>.

215. Juhos K., Czigány S., Madarász B., Ladányi M. Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 99. P. 261–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063>.

216. Kowalska J.B., Mazurek R., Gąsiorek M., Zaleski Z. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination – A review. *Environmental Geochemistry and Health*. 2018. Vol. 40, Iss. 6. P. 2395–2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>.

217. Głęb T., Żabiński A., Sadowska U. et al. Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. *Geoderma*. 2018. Vol. 315. P. 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.034>.

218. Charzyński P., Plak A. & Hanaka A. Influence of the soil sealing on the geoaccumulation index of heavy metals and various pollution factors. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24, Iss. 5. P. 4801–4811. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8209-5>.

219. Demková L., Árvay J., Bobul'ská L. et al. Openmining pits and heaps of waste materials as the source of undesirable substances: biomonitoring of air and soil pollution in former mining area (Dubnik, Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26, Iss. 34. P. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06582-0>.

220. Hanauer T., Pohlenz C., Kalandadze B. et al. Soil distribution and soil properties in the subalpine region of Kazbegi; Greater Caucasus; Georgia: Soil quality rating of agricultural soils. *Annals of Agrarian Science*. 2017. Vol. 15, Iss. 1. P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.12.001>.

221. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23 травня 2017 року № 2059-VIII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст. 315. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>.

222. Рідей Н.М., Захаркевич І.В. Екологічний контроль за якістю поверхневих водних джерел озер навчально – дослідного господарства «Великоснітинське» ім. Музиченка. *Вісник Запорізького національного університету*. 2008. № 2. С. 172-176.

223. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуарів України : Методика . КНД 211.1.4.010- 94. – К ., 1994 – 37 с.

224. Udod, V. M., Wildman, I. L., & Zhukova, E. G. (2014). The development of modern biocenotic control methods for the ecological state of aquatic ecosystems of rivers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10(71)), 4–10. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28003>.

225. Старчак В., Мачульський Г., Цибуля С., Мачульський О. Оцінка техногенного впливу на екологічну безпеку техноприродних систем. *Стандартизація. Сертифікація. Якість*. 2014. № 3. С. 53–58.

226. Нетробчук І.М. Оцінка якості поверхневих вод правобережних приток басейну Прип'яті у Волинській області. *Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки*. 2007. № 2. С. 260–265.

227. Клименко В. Г. Екологічна оцінка якості води річки Харків у межах України. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2012. Вип. 16. С. 40–44.

228. Комплексні експедиційні дослідження екологічного стану водних об'єктів басейну р. Уди (суббасейну р. Сіверський Донець)/ О.Г. Васенко, М.Л. Лунгу, Ю.А. Ільєвська, О.В. Клімов та ін.; під ред. О.Г. Васенко. Х.: ВД «Райдер», 2006. 156 с.

229. Нетробчук І.М., Боярин М.В. Екологічна оцінка сучасного стану якості води річки Студянка. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. пр. Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки*. 2008. № 5. С. 31–35.

230. Рябич О.М., Магась Н.І. Комплексна оцінка якості води річки Південний Буг у межах Миколаївської області. *Вісник НУК*. 2010. № 5. URL: <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/25064/22517>.

231. Магась Н.І., Трохименко А.Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. *Екологічна безпека*. 2013. Вип. 2. С. 48–52.

232. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України/ УНДІВЕП. Вид. 2-ге, перероб. і доп. К.: Полімед. 2007. 71 с.

233. Лосєв М.Ю., Мілька І.В. Оцінка якості поверхневих вод басейну річки Салгир. *Системи обробки інформації*. 2011. Вип. 3. С. 199–202.

234. Трапезнікова Л.В., Висоцька Н.В., Монич І.І., Тюпа М.О. Оцінка якості води та екологічний стан поверхневих та ґрунтових вод суббасейну р. Убля. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія*. 2011. № 1. С. 94–101.

235. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями/ В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк, А.В. Яцик. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.

236. Степова О.В., Рома В.В. Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. №1–2. С. 93–97.

237. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: підручник. К.: Ніка-Центр, 2001. 264 с.

238. Васенко А.Г., Ільєвська Ю.А. Сучасний гідрохімічний стан водосховища Сасик. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. Міжнародна науково-практична конференція м. Алушта, АР Крим, Україна, 12-16 вересня 2005 р. Збірник наукових статей у 2-х т. Т. 1. УкрНДІЕП. Х.: Райдер, 2005. С. 228-232.

239. Екологічний стан трансграничних ділянь рік басейну Дніпра на території України / За ред. А.Г. Васенко та С.А. Афанасьєва. К.: Академперіодика, 2002. - 355 с.,

240. Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів). КНД 211.1.1.106-2003: Чинний від 1 жовтня 2003 р. К.: Мінприроди, 2003 р. 53 с.

241. Осадчий В.С., Блажко А.П. Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Великий Куяльник на території Одеської області. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. Вип. № 63. С. 242-248.

242. Старчак В.Г, Цибуля С.Д., Пушкарьова І.Д. та інш. Інтегральна оцінка в аналізі та управлінні регіональною екологічною безпекою. *Екологічна безпека*. 2010. № 2/2010(10). С. 7-11.

243. Маджд С.М., Кулинич Я.И. Наукова методологія оцінювання екологонебезпечних ризиків функціонування техногенно-змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. Випуск 4(105). С. 88–95.

244. Удод В.М., Маджд С.М., Кулинич Я. І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. Випуск 3(104), ч. 1. С. 93–99.

245. Юрасов С.М., Кур'янова С.О., Юрасов М.С. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2009. № 5. С. 42–53.

246. Крайнюков О.М., Тімченко В.Д. Удосконалення комплексної оцінки екологічного стану та якості води водних об'єктів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2016. Вип. 14. С. 9–14.

247. Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 123-136.

248. Korchemlyuk M., Arkhypova L. Estimation of key pressures on Prut river basin in Ukraine. *Екологічна безпека*. 2015. № 1/2015 (19). С. 41-45.

249. Development of draft river basin management plan for selected pilot basin in Ukraine - the Prut basin. Environmental protection of international river basins project. Prepared by UNENGO "MAMA-86". 2015. 84 p. URL: http://blacksea-riverbasins.net/sites/default/files/PRUT%20eng%20UA%20RBMP_0.pdf.

250. Ясенчук Т.О. Оцінка антропогенного навантаження на басейн р. Ірпінь у сучасних умовах землекористування. *Меліорація і водне господарство*. 2011. Вип. 99. С. 160–168.

251. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра./ В.К. Хільчевський, І.М. Ромась, М.І. Ромась, В.В. Гребінь, І.О. Шевчук, О.В. Чунарьов; за ред. В.К.Хільчевського.К.: Ніка–Центр, 2007. 184 с.

252. Мирон І.В. Використання та якість води річки Десни в межах Чернігівської області. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. Випуск 251. С. 150-155.

253. Хоменко О.М., Гайдар І.О. Аналіз екологічного стану малих річок Черкаської області (на прикладі р. Золотоношка). *Екологічна безпека*. 2010.№ 2/2010(10). С. 39-42.

254. Diviziniuk M.M., Popov O.O., Kovach V.O. et al. Informational and technical methods of environmental monitoring in condition of technogenic emergency situation. *Системи обробки інформації*. 2015. Вип. 10. С. 182–186.

255. Попов О.О., Ковач В.О., А.В. Яцишин А.В, Бурлака С.О. Нові методи моніторингу довкілля для попередження техногенних надзвичайних ситуацій. *Техногенна безпека та цивільний захист*. 2015. № 9. С.116–123.

256. South Eastern Europe Disaster Risk Mitigation and Adaptation Initiative. Risk Assessment for South Eastern Europe. Desk Study Review. UN/ISDR-13-2008-Geneva. 86 p.

257. Waste released into Vistula. Serious malfunction at "Czajka" sewage treatment plant. URL: <https://www.tvn24.pl/tvn24-news-in-english,157,m/poland-accident-in-sewage-treatment-plant-waste-released-into-vistula,964916.html>.

258. The red toxic sludge that has been flowing in Hungary for five days has reached the Danube, raising fears of across-border European ecological disaster. URL: <https://www.france24.com/en/20101008-red-toxic-mud-industrial-accident-reaches-danube-river-hungary-europe-disaster-environment>.

259. Water pollution from a cyanide spill in Eastern Europe. URL: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/17265_en/?lang=en.

260. Csagoly P. (Ed.) The Cyanide Spill at Baia Mare, Romania. Before, during and after. UNEP/OCHA Report on the Cyanide Spill at Baia Mare, Romania. The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, June 2000. 8 p.

261. The Ecological Effects of Mining Spills in the Tisza River System in 2000. Vienna, WWF 2002. 39 p.

262. Mining waste spill from the Baia Borsa processing complex in Romania. Assessment Mission to Hungary and Romania. UNDAC MISSION REPORT. United Nations Environment Programme, UNEP/ Office for the Co-ordination of Humanitarian Affairs, OCHA. Geneva, March 2000. 32 p.

263. Balkan vital graphics environment without borders. UNEP/GRID-Arendal. 2007. 84 p.

264. EEA Report No 1/2010. Environmental trends and perspectives in the Western Balkans: future production and consumption patterns. EEA, Copenhagen. 2010. 41 p.

265. Mining and Environment in the Western Balkans. Ed. Ch. Stuhlberger. UNEP / ENVSEC. 107 p.

266. Water and health in Europe: a joint report from the European Environment Agency and the WHO Regional Office for Europe /ed. by Jamie Bartram et al. (WHO regional publications. European series No. 93). World Health Organization. 2002. 223 p.

267. Shymanovska O. Accidents at industrial installations, prevention of their occurrence, influence of consequences on the Dnieper River. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/teia/doc/Slubice_09/21ShymanovskaOlena.pdf.

268. 20 років після каналізаційної катастрофи. Харків досі ризикує піти під землю. URL: <https://kh.depo.ua/rus/kh/harkiv-cherez-20-rokiv-pislya-avariyi-na-dikanivskih-ochisnih--07072015150000>.

269. Постанова КМУ від 2 січня 1996 р. № 108 «Про причини аварії на головній насосній станції Диканівських очисних споруд м. Харкова, ліквідацію її наслідків і заходи щодо забезпечення безаварійної роботи підприємств водопровідно-каналізаційного господарства».

270. Аварія самоплинного колектора у Лубнах створила загрозу надзвичайної ситуації в області. URL: <https://poltava.to/news/47227/>.

271. У Херсоні 73 тисячі людей залишилися без води. ТСН. Україна. URL: <https://tsn.ua/ukrayina/u-hersoni-73-tisyachi-lyudei-zalishilisya-bez-vodi.html>.

272. Очисні споруди Херсонської області – в катастрофічному стані. URL: <https://ecoclubua.com/2010/09/ochysni-sporudy-hersonskoj-oblasti-v-katastrofichnomu-stani/>.

273. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися впродовж 2015 року. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/44615.html>.

274. Для запобігання виникнення надзвичайної ситуації через аварію на колекторі потрібне виділення коштів з резервного фонду міста та області. URL: https://bmr.gov.ua/index.php?id=800000125&tx_news_pi1%5Bnews%5D=12736&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=832a4220b5f22e241a1a31ccc200e148.

275. На очисних спорудах Львова сталася аварія через скид забруднюючих речовин. URL: <https://dyvys.info/2019/07/17/na-ochysnyh-sporudah-lvova-stalasya-avariya-cherez-skyd-zabrudnyuyuchyh-rechovyn/>.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ВНАСЛІДОК АГРЕСІЇ РОСІЇ

2.1. Надзвичайні ситуації на територіях України, які зазнали військових дій внаслідок агресії росії, пов'язані з порушенням ґрунтів

Наслідки світових воєнних конфліктів для довкілля часто недооцінюються суспільством в співставленні з втратою людських життів, руйнуванням об'єктів критичної інфраструктури. Відголоски воєнних дій можуть спричинити багато небезпечних наслідків, як у короткостроковій (нездетоновані вибухонебезпечні предмети), так і довгостроковій перспективі внаслідок техногенного забруднення. Ракетно-артилерійське озброєння становить потужне воєнно-техногенне навантаження, яке призводить до забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Більшість країн світу визнають реальність того, що забруднені внаслідок воєнних дій землі потребують довгострокової програми регенерації, а іноді ніколи не можуть знову бути «чистими».

З урахуванням сьогоденних масштабів злочинів російського агресора на території України [1, 2], що призводить до порушень нормальних умов життя і діяльності людей, важливим є також питання аналізу сучасного стану попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали впливу воєнних дій, та пов'язаної з обстрілами як об'єктів критичної інфраструктури, так і безпосередньо з руйнуванням довкілля [3,4, 5, 6].

Відомі роботи у сфері цивільного захисту (безпеки), що проводять аналіз світових тенденцій вирішення завдань у сфері цивільного захисту, в тому числі, пов'язаних з попередженням надзвичайних ситуацій та особливостями управління ними.

Автором [7] опрацьовано наукові джерела, що містять інформацію щодо організації запобігання та ліквідації наслідків НС природного характеру в провідних країнах світу, зокрема: США, Німеччині, Франції, Японії.

В роботі [8] розкрита доцільність використання європейських стандартів в системі цивільного захисту України, тоді як в [9] розглянуто європейський досвід формування організаційного забезпечення механізмів державного управління у сфері цивільного захисту на прикладі Великобританії «Cabinet Office Briefing Room A» – COBRA та централізованого органу МВС Німеччини «Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe» для їх можливої практичної реалізації в Україні.

В роботі [10] висвітлено кращий світовий досвід з державно-приватного партнерства для запобігання та реагування на НС різного характеру, а в [11] – узагальнено досвід розвинених країн світу у сфері управління ризиками, виокремлені перспективні напрями управління ризиками НС техногенного та природного характеру.

Автором [12] проведено аналіз зарубіжного досвіду щодо інформаційно-аналітичного забезпечення цивільного захисту, а в науковій роботі [13] виділено особливості оперативних розгортань аварійно-рятувальних сил та засобів в провідних країнах світу. В [14] проведено аналіз способів та методів реагування на НС, які пов'язані з повеннями в окремих регіонах гірської місцевості в різних країнах світу, в [15] – аналіз підходів з ліквідації НС в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів, а в [16] – скорочення часу реагування на локальні НС.

В роботі [17] проаналізовано сучасний стан реагування та методів скорочення наслідків НС медико-біологічного характеру, а в [18] – враховані особливості регіонів з нестійкими природно-кліматичними умовами.

В дослідженнях [19] проаналізовано світові тенденції вирішення питання попередження НС внаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах, [20] – на небезпечних об'єктах критичної інфраструктури, [21] – на об'єктах малотоннажного виробництва, [22] – в місцях зберігання твердих побутових відходів з урахуванням наявності устаткування зі збору біогазу, [23] – викликаних поширенням антропогенних забруднень у водному середовищі, [24, 25] – пов'язаних з викидом небезпечних речовин, [26] – пов'язаних з

викидом легких газоподібних небезпечних хімічних речовин, [27] – пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, [28] – пов'язаних з малооб'ємними вибухами небезпечних хімічних речовин.

З іншого боку, науковці, зазвичай, здебільшого приділяють увагу задачам оцінки якості ґрунтів у контексті їх сільськогосподарського використання, а саме, дослідженням індикаторів рівня урожайності сільськогосподарських культур.

В роботі [29] висвітлюються питання впливу агрономічних показників на якість врожайності. Авторами [30] досліджені оптимальні агрофізичні показники, які забезпечують максимальну біомасу інтенсивного росту. В [31, 32] показаний вплив хімічних та фізико-хімічних показників родючості ґрунтів.

Слід зазначити, що наведені дослідження дещо відрізняються методологічно по мапі світу. Так, країни світу, у відповідності до фінансових та науково-фундаментальних можливостей, мають свої підходи до вирішення питання протидії НС. Як спільну рису можна відзначити схожість покладених завдань, а саме: планування заходів, реагування та управління, облік наслідків, надання допомоги населенню.

Відтак, актуальним питанням на сьогодні є забезпечення функціонування основних процесів системи цивільного захисту (прогнозування, моніторинг та моделювання) з урахуванням потенційних небезпек післявоєнної відбудови, що пов'язані з небезпекою уражених внаслідок воєнних дій ґрунтів територіальних громад України.

Війни завдають серйозної, а іноді, й непоправної шкоди навколишньому середовищу [33, 34, 35, 36]. Вони прямо (наприклад, артилерійські обстріли, лісові пожежі) або побічно (наприклад, будівництво таборів біженців) сприяють деградації наземних екосистем [37, 38, 39]. Екологічні наслідки можуть виникнути на всіх трьох етапах війни – підготовці до війни, безпосередньо війни (насильному конфлікту) і післявоєнних діях [40, 41, 42].

До ХХ століття більшість конфліктів носили локальний характер і мали відносно незначний вплив на ґрунти. Однак, у сучасній війні використовуються зброя та хімічні речовини, які можуть залишитися в уражених землях протягом століть після закінчення конфлікту [43]. Характер ґрунту може бути значно змінений як у воєнний час, так і після настання миру. Відновлення цих ґрунтів може зайняти десятки років, а в деяких випадках, навіть століть [44, 45]. Перша та Друга світові війни залишили Європі значну спадщину забруднення [46, 47]. В дослідженнях [46] зазначено, що «ґрунти війни» через 75 років мають яскраво виражені фізичні та хімічні характеристики, а також педотурбації, часто містять підвищену кількість важких металів. Навіть через 100 років спостерігається збагачення свинцем та міддю вище фонових значень [47].

За результатами проведеного моніторингу громадською організацією «Екодія», після початку повномасштабного вторгнення росії на територію України зафіксовано понад 1160 випадків потенційної шкоди довкіллю внаслідок російської агресії [2]. У зоні активних бойових дій опинились об'єкти військової інфраструктури (військові бази, аеродроми, арсенали тощо), атомні та гідроелектростанції, склади небезпечних відходів, промисловість. Зафіксовані пожежі на нафтобазах, АЗС, місць видалення твердих побутових відходів, є факти пошкодження об'єктів тепло-, водо- та енергопостачання. Утворюються небезпечні відходи від руйнувань та воєнні відходи, території забруднені вибухонебезпечними предметами, населення має проблеми з доступом до джерел чистої питної води.

Порушення ґрунту, які спричинені воєнними діями, науковою спільнотою переважно розглядаються фізичного та хімічного типів [38, 44, 48].

Фізичні порушення ґрунту включають запечатування через будівництво оборонних споруд, копання траншей або тунелів, ущільнення в результаті руху техніки та військ або утворення вирв від бомб [44]. Дослідження [49] показали, що щільність ґрунту збільшується за умов високої вологості, багаторазового переміщення важкої техніки та повертається до початкового стану протягом 1-

3 років. В роботі [50] зазначається, що фізичні порушення можуть призвести до зсувів та ерозії.

Хімічні порушення складаються з надходження забруднюючих речовин, таких як нафта, важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини, фосфорорганічні нервово-паралітичні речовини, діоксини з гербіцидів або радіоактивні елементи. Виявлено, що залишки зброї на колишніх полях боїв або полігонах виділяються у ґрунт різними металами, такими як свинець, хром, сурма, миш'як, кадмій, мідь, ртуть, нікель та цинк [44]. У забрудненому ґрунті часто можна спостерігати накопичення важких металів [51]. Важкі метали переважно присутні в залишковій, оксидній та органічній фракціях [52].

Підтвердженням зростання концентрації важких металів у ґрунті є результати досліджень війн, наприклад, в Бельгії та Франції [47, 53], Хорватії [54], Іраку [55], Україні [56–58]; на військових полігонах, наприклад, Литви [59], США [60], Канади [61], Франції [62], Боснії та Герцеговині [63], Чехії [64], Кореї [65], Кіпру [66].

Хімічні речовини, що використовуються у військових боєприпасах та вибухових речовинах, згодом можуть мати згубний вплив на здоров'я людини та екосистеми по всьому світу [67–69]. Люди можуть зазнавати впливу забруднювачів ґрунту різними шляхами: прямий контакт із ґрунтом через ковтання, вдихання та шкіряний контакт [70] або через споживання їжі тваринного або рослинного походження із забруднених ділянок [53]. Забруднювачі можуть викликати пошкодження нирок, легень, нервової системи та скелета [71], зниження інтелектуальних здібностей, шлунково-кишкові симптоми, ішемічну хворобу серця, різні види раку [72, 73].

В Україні є свідчення фізичного порушення ґрунту, викликаного перевезенням військової техніки [74], артилерійськими обстрілами [75], розкопками [76], масовими похованнями загиблих [77]. Очікується, що це порушить ґрунтові горизонти та збільшить забруднення ґрунту та прісної води [78].

Таким чином, сформований масив порушень ґрунтів, які спричинені воєнними діями на території громад дозволяє стверджувати, що зазначені фізико-хімічні процеси призводять до закритичного збільшення небезпечних чинників, які у свою чергу призводять до локальних (у найгіршому сценарії до фонових) змін показників фізико-хімічних властивостей (стану) ґрунтів, носять довгостроковий характер небезпеки ґрунтового середовища та становлять небезпеку для населення та територій.

Ґрунт – складна колоїдно-дисперсна система [79], де відбувається накопичення забруднюючих речовин та перерозподіл по трофічним ланцюгам. Одні забруднювачі можуть бути мобілізовані (розчинені), інші іммобілізовані на ґрунтових частинках (адсорбовані на поверхні) у тверді сполуки, що багато в чому залежить від якості ґрунту. Фізичні властивості забезпечують просторові та механічні умови. Хімічні – можуть сприяти реакціям поллютантів, що визначають їх структуру та токсичність, а також поведінку та рухливість у ґрунтах [80].

Ґрунт та вода перебувають у тісному зв'язку та взаємозалежності [81]. Ґрунти – це не тільки середовище для вирощування рослин, це також потужне джерело багатьох забруднюючих речовин, які потрапляють у поверхневі та підземні води [82], що становить небезпеку для населення, в першу чергу, дітей. У звіті [83] відмічено, що діти в умовах затяжних конфліктів частіше вмирають від хвороб, пов'язаних із відсутністю чистої води, ніж від насильства, безпосередньо пов'язаного із самим конфліктом.

На поведінку важких металів впливають фактори як неживої (неорганічної), так й живої природи – процеси, що пов'язані з ними [84].

В роботі [85] відмічено, що перерозподіл забруднювачів відбувається як у горизонтальному (завдяки повітряному переносу), так і в вертикальному напрямку (найбільший вплив чинить водний режим).

На поведінку забруднюючих речовин великий вплив має часовий аспект [86].

Ґрунти, збагачені органічною речовиною, сприяють затриманню (імобілізації) забруднюючих речовин [87]. Однак, як відмічено в роботі [88], у лужних умовах високий рівень розчиненого органічного вуглецю може призвести до утворення металоорганічних комплексів, тим самим збільшуючи рухливість свинцю, міді та нікелю.

Кислотно-лужні умови визначають розчинність великої кількості органічних і неорганічних сполук важких металів. У кислих ґрунтах рухливість елементів підвищується, що сприяє потраплянню в ґрунтові води [89]. Підвищення рН сприяє утворенню малорозчинних сполук, що різко знижує інтенсивність процесу міграції [90, 91].

рН ґрунту є ключовим фактором, що регулює вивітрювання сполук важких металів з боєприпасів, їх виділення та вилугування [92].

Ґрунти з високим вмістом вуглецю схильні до посиленого розчинення артилерійських патронів та інших залишкових осколків [93].

Коливання окисно-відновлювальних умов суттєво впливає на токсичність та рухомість важких металів. Найнижча рухомість характерна для сильно відновлювальних умов [94].

Ємність катіонного обміну ґрунту також відіграє ключову роль у міграції забруднювачів: зі зниженням – підвищується адсорбційна здатність [95, 96].

Збагачення ґрунтів важкими металами пов'язано з фактором рельєфу, водним режимом ландшафтів [97, 98].

В роботі розглянутий вплив, вологомісткості на механізм переносу забруднювачів [99, 100]. Теплопровідність викликає помітні зміни температурних потенціалів ґрунтів та змушує вологу мігрувати з місць з високою температурою до місць з низькою температурою [101]. В [100] автори зазначають, що з ростом температури, вологості підвищується корозійна активність, біодоступність. Розмір зерен і мінеральний склад визначають питому поверхню ґрунту та його здатність адсорбувати важкі метали [102]. Цей фактор контролює водний режим та інтенсивність міграції важких

металів. Автори [103] довели факт активної адсорбції забруднювачів глинистими мінералами.

Показано, що текстура та структура ґрунту впливає на рух води а, отже, на характер перенесення важких металів [95, 104]. Рух води по макропорах може прискорити перенесення важких металів, а дифузія – уповільнити його.

На рухливість важких металів в районах з воєнно-техногенним навантаженням впливає наявність рослинного покриву. Рослини зменшують рухливість до підземних вод [105]. Однак встановлено, що на вкритій території деревною рослинністю, концентрація важких металів була у ґрунті вище, ніж на відкритих поверхнях через перехоплення аерозолів листям та подальшого змивання дощами або з опалим листям [106].

Через повільність міграційного процесу важко кількісно оцінити внесок міграційного процесу в накопичення або дифузію важких металів у ґрунтовому покриві. Це є завданням організації багаторічного моніторингу.

Таким чином, забруднюючі речовини спочатку накопичуються в ґрунті, а потім перерозподіляються в самому ґрунті та в інших середовищах – поверхневих та підземних водах. Процес моделювання поширення забруднювачів є складним завданням через необхідність врахування багатьох змінних, як у часі так і у просторі, фізичних і хімічних параметрів ґрунту, а також умов навколишнього середовища та форми знаходження власне забруднювачів.

Воєнні конфлікти значно ускладнюють як екологічні проблеми, так й проблеми забезпечення цивільного захисту населення та територій внаслідок забруднення. Наявність у навколишньому середовищі – ґрунтовому, водному середовищах – шкідливих (забруднюючих) речовин, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК), є одним із показників НС [107]. Як вже відзначалось вище, з метою забезпечення виконання заходів із запобігання НС в Україні здійснюється постійний моніторинг та прогнозування НС [108]. Очевидно, що для ефективного попередження НС важливим є своєчасне реагування на зміни стану навколишнього середовища, ідентифікація

небезпеки з метою подальшої локалізації та ліквідації її [109], достатність технологічних ресурсів [110].

На органи та підрозділі ДСНС України покладені завдання зі здійснення моніторингу довкілля на пунктах державної системи гідрометеорологічних спостережень. Ґрунти різного призначення (вміст залишкової кількості пестицидів та важких металів) розглядаються як об'єкт спостереження [111]. Хоча, відповідно до нормативних документів [112, 113], ДСНС не визначено суб'єктом моніторингу.

Державна комплексна система спостережень включає топографо-геодезичні, картографічні, ґрунтові, агрохімічні, радіологічні та інші обстеження і розвідування стану земель і ґрунтів, їх моніторинг [114]. Нормативно-правовими актами, які регулюють здійснення моніторингу земель (або ж ґрунтів сільськогосподарського призначення) не визначено переліку речовин, що є обов'язковими або ж рекомендованими для спостереження [112-115].

Методика нормування вмісту хімічних речовин в ґрунті відрізняється від тих методик, що використовуються для водного та повітряного середовищ. ГДК хімічних речовин для ґрунтів встановлюються на основі чотирьох показників: загальносанітарним, міграційним водним, міграційним повітряним, транслокаційним [116]. Відповідно [117] для належного застосування та дотримання стандарту ГДК небезпечних речовин у процесі обстеження та оцінки якості ґрунтів, вибору методів вимірювання та контролю, встановлення загальних вимог і порядку проведення відповідних робіт використовуються нормативні документи із стандартизації.

Визначення сумарного показника забруднення (Z) є традиційним методом оцінки забруднення ґрунту в основі якого – відношення фактичного вмісту потенційно небезпечного елемента (речовини) до його природного вмісту (нормованого значення) [118].

Для оцінки забруднення ґрунтів використовуються однофакторний індекс ((P_i)), індекс геологічної акумуляції (I_{geo}), індекс Немерова (P_n), індекс

екологічного ризику (ER), індекс ризику для здоров'я (HI) [119], інтегральний індекс (IPI) [120], а також фактори забруднення (CF), коефіцієнт збагачення (EF) [121]. Однофакторний індекс є найпростішим індексом якості ґрунтового середовища [122, 123].

В роботі [124] зазначено на доцільність інтегрального показника, який дозволяє формалізувати весь спектр забруднюючих речовин та вивести єдиний (монооціночний) критерій оцінки на основі кількісних та якісних характеристик забруднювачів.

На відміну від традиційної оцінки ґрунтів на основі порівняння результатів моніторингу з пороговими значеннями, в роботах [125, 126] застосований ієрархічний кластерний аналіз та методи головних компонент, що надав можливість відокремити зони високого ризику та встановити профілі забруднення. В [127] авторами для визначення зв'язку між факторами, що визначають поведінку важких металів у ґрунті, використано факторний аналіз.

Останніми роками в багатьох країнах Європейського Союзу (ЄС) активізовано роботу з моніторингу ґрунтів у зв'язку з ухваленням ЄС 17 листопада 2021 року нової ґрунтової стратегії до 2030 року [128], яка проголошує створення глобальної мережі моніторингу ґрунтів. Така система передбачає застосування різноманітних сенсорів (що працюють у реальному часі) для моніторингу забруднення ґрунтів, їх біо-геофізичних характеристик, з залученням даних дистанційного зондування земної поверхні тощо. Однак, у системі організації моніторингу ґрунтів у ЄС все ще залишаються питання, зокрема, щодо цільових параметрів, схем відбору проб та їх аналізу, критеріїв просторово-часової репрезентативності, вимог до статистичної обробки для оцінки невизначеностей і тенденцій, рівнів інтенсивності (деталізації) вимірювань, інтеграції з іншими видами екологічного моніторингу (клімат, повітря, біорізноманіття, якість води) [129].

Останнім часом розширилося використання дистанційного зондування для виявлення збройних конфліктів та військових дій, джерел та впливу на

навколишнє середовище, у деяких випадках у поєднанні з даними моделювання [130, 131].

Забруднення ґрунту часто не може бути оцінене чи сприйняте візуально, що обумовлює існування потенційної небезпеки [132]. Також потрібно враховувати проблеми, пов'язані з проведенням досліджень у районах воєнних дій (наприклад, обмежений доступ, небезпечні умови), що інформації через воєнний вплив недостатньо та часто вивчається через роки після припинення воєнних дій і без знання вихідних даних [133]. Ситуацію ускладнює відтік кваліфікованих кадрів як в пошуках більш привабливої заробітної плати, так й безпечних умов життєдіяльності [134].

Фізичні порушення на земну поверхню можна спостерігати на супутникових знімках і, за необхідності, можна встановити площу та ступінь впливу навіть після десятиліття після відповідного конфлікту [135, 136]. Завдяки досягненням у галузі супутникової багатоспектральної візуалізації з дуже високою просторовою роздільною здатністю стає можливим виявляти атрибути об'єкту в масштабі окремих ударів (кратерів) обстрілів з важкої зброї [136]. На супутникових знімках можна виявити забруднення води [137].

Підтвердженням широкого застосування у світі геоінформаційних систем є дослідження, наприклад, Китаю [138, 139], Індії [140], Греції [141], Ірландії [142], Лівану [143], Індонезії [144], Єгипту [145]. Необхідно відмітити, що для визначення точного впливу часто потрібні польові зразки достатньої кількості та об'ємів [146].

Сучасним інструментальними методами фізико-хімічного аналізу, що застосовуються при аналізі об'єктів довкілля, є електрохімічні методи. Серед них використовують потенціометрію [147, 148], циклічну вольтамперометрію [149], хроноамперометрію [150], імпульсну анодну інверсійну вольтамперометрію [151, 152]. Широко застосовуються методи спектроскопії, що ґрунтуються на інтерпретації спектрів, що виникають при взаємодії випромінювання з речовиною, особливо з атомами (атомна спектрометрія). Методи, що засновані на атомних спектрах, можна поділити на абсорбційні,

що знайшли практичне застосування в роботах [153, 154] та емісійні – [55, 155]. Для методу атомно-абсорбційної спектрометрії характерна низька вартість, значуща точність, велика чутливість і межі виявлення, а також відносно коротка тривалість аналізу [156]. В роботі [157] для визначення міді та деяких інших металів використовується полум'яна атомно-абсорбційна спектрометрія, відмічаються параметри точності аналізу. В [158] авторами розглянуто застосування атомно-абсорбційної спектрометрії з графітовою пічкою.

В роботах [159, 160] використовується мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою лазерної абляції, а в [161] запропонована оптимізація та валідація зазначеного методу.

Серед аналітичних методів для визначення важких металів також зарекомендували себе рентгенофлуоресцентні методи. Зокрема, за допомогою портативної рентгенофлуоресцентної спектрометрії та багатофакторного статистичного підходу досліджені ґрунти Туреччини [162], Індії [163], Китаю [164], Румунії [165]. Однак, рентгенофлуоресцентний метод має обмеження до визначення кадмію та ртуті на відміну від атомної спектрометрії [166]. Пропонується також використовувати для визначення забруднення ґрунтів дощових хробаків [167] або низку мікробних параметрів [168].

Таким чином, наявні наукові розробки в області методів та підходів дослідження стану ґрунтів мають фрагментарний характер. На сьогодні не створено універсальних методологій оцінки безпеки ґрунтів територій, які зазнали воєнного впливу, та підходів щодо допустимого рівня їх забруднень з метою попередження надзвичайних ситуацій. Відповідно подальші дослідження повинні проводитись із застосуванням комплексу польових, дистанційних та лабораторних методів.

З огляду на висвітлені результати досліджень [169], НС – об'єктивний просторово-тимчасовий процес, що складається з п'яти етапів, а саме: 1 – повсякденне накопичення негативних чинників, 2 – екстремальний розвиток негативного фактору; 3 – катастрофічна подія; 4 – ліквідація безпосередніх

наслідків цієї події; 5 – фіксація та мінімізація віддалених наслідків катастрофічної події. Головна мета управління НС – це недопущення катастрофічної події, а в разі її настання, – мінімізація її наслідків. Для цього 1-му етапі застосовуються заходи з профілактики накопичення негативних факторів. На 2-му – виявлення екстремального накопичення одного чи декількох негативних факторів і визначення сценарію розвитку подій. На 3-му – визначення усіх можливих параметрів катастрофічної події. На 4-му – завдання управління визначається безперервним збором даних про параметри катастрофічної події і дією сил, результати застосування засобів, реєстрації наслідків. На 5-му – моніторинг та профілактика появи віддалених наслідків

Розглядаючи сучасні підходи у сфері цивільного захисту до визначення природи виникнення НС різного характеру [107, 169, 170], можна зазначити, що НС – це, передусім, умовний рівень перебігу надзвичайної події, який досягається одним або кількома домінуючими ознаками, з погляду рівня загрози (де розглядаються наслідки небезпеки $q_{1...6}$), та/або можливостей протидії підрозділами ДСНС України (рис. 2.1).

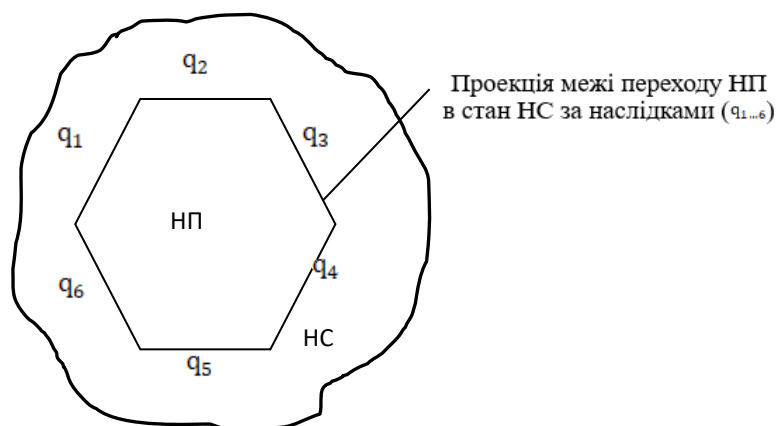


Рис. 2.1. Графічна інтерпретація простору розвитку надзвичайної події [169].

В Україні на законодавчому рівні відповідно до [162] простір розвитку небезпечної події до меж НС за наслідками посилення небезпеки ($q_{1...6}$) визначено як шестимірний, де q_1 – площа поширення небезпеки НС; q_2 – затрати

на ліквідацію наслідків НС; q_3 – розміри заподіяної шкоди; q_4 – кількість загиблих; q_5 – кількість постраждалих; q_6 – кількість осіб з порушенням умов життєдіяльності.

У випадку розгляду процесів попередження НС достатньо забезпечити не переростання наслідків 1 рівня пріоритетності верхньої межі кількісного діапазону, який визначає відповідний рівень поширення НС. Необхідною умовою є забезпечення не переростання наслідків інших рівнів пріоритетності верхньої межі кількісного діапазону відповідно до мінімально можливого рівня НС, але не більше ніж визначеного за наслідками першого рівня пріоритетності [169].

Важливими елементами протидії НС (запобігання, попередження, локалізації та ліквідації) є заходи організаційного, оперативного, інженерного, інформаційного характеру. В роботі [169] наведено функціональне поле застосування основних процесів системи цивільного захисту (рис. 2.2), де $P_{НС}^x$ – показник імовірності виникнення НС різного характеру та $\Phi_{НС}^x$ інтегральний показник, який характеризує можливість аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС України протидіяти НС відповідного характеру.

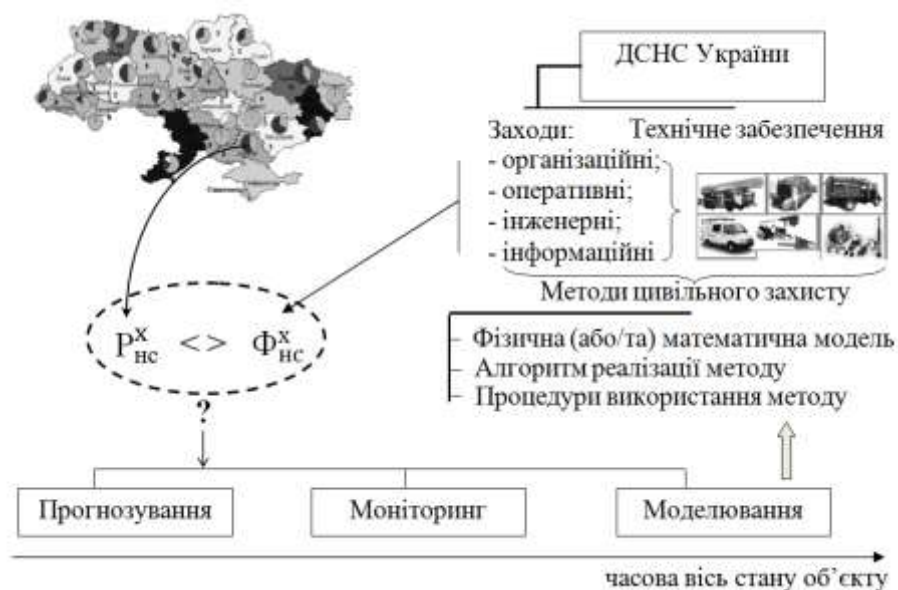


Рис. 2.2. Функціональне поле застосування основних процесів системи цивільного захисту [169].

Автором [17] розроблено організаційно-технічні методи скорочення наслідків НС медико-біологічного характеру, котрі призначені для скорочення кількості жертв та числа постраждалих у наслідок НС, а [18] – методику попередження НС медико-біологічного характеру в регіоні з нестійкими природно-кліматичними умовами, враховуючи ресурсно-критичне управління додатковими силами та їх оперативну координацію під час проведення заходів з ліквідації небезпеки.

В роботі [19] запропоновані інженерно-технічні методи попередження НС унаслідок пожежі з осередком виникнення всередині та зовні потенційно небезпечного об'єкту, що дозволяє скоротити кількість інтегральних наслідків НС та недопущення переростання останніх на більший рівень поширення небезпеки. Тоді як в [20] - розроблено інженерно-технічний метод попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) шляхом оперативного контролю стану повітряного середовища на об'єктах критичної інфраструктури. Автором [21] розроблені інженерно-технічні методи попередження НС техногенного характеру на малотоннажних виробництвах ідентифікуючи хімічні речовини в ґрунтах та ґрунтових водах.

В роботі [15] запропоновано методику попередження НС в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів за рахунок підготовки управлінських рішень та відповідних пропозицій щодо завчасного залучення додаткових сил та їх оперативної координації під час ліквідації небезпеки, а в [22] - розроблено методику попередження НС пов'язаних зі зсувом звалищних ґрунтів на об'єктах захоронення твердих побутових відходів з устаткуванням по утилізації біогазу на основі виконання груп робіт до та після факту переміщення техногенних ґрунтів. Автором [27] розроблена методика попередження НС, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, а [28] – терористичного характеру, пов'язаних з малооб'ємним вибухом небезпечних хімічних речовин в місцях з масовим перебуванням людей, що включає оцінку ступеня

небезпеки виявленого небезпечного предмету, варіанти послідовності дій зі знешкодження.

В основу запропонованих вище методів (методик) попередження НС покладено математичні моделі процесу виникнення, поширення наслідків НС, формування керуючого алгоритму реалізації методу (методики) та опис процедур практичної реалізації для окремого об'єкту захисту. Наведені результати досліджень є вузько спрямованими та не розкривають специфіки завдань попередження НС на територіях, які зазнали впливу воєнно-техногенного навантаження від ракетно-артилерійських уражень.

В рамках сформованої провідними вченими з питань цивільного захисту єдиної методологічної позиції щодо місця та ролі процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації в структурі загального процесу протидії НС [169], за основу єдиної методології вирішення проблеми попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень, пропонується структурно-логічна схема моделювання процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації НС, як основних процесів протидії наслідкам (рис. 2.3).

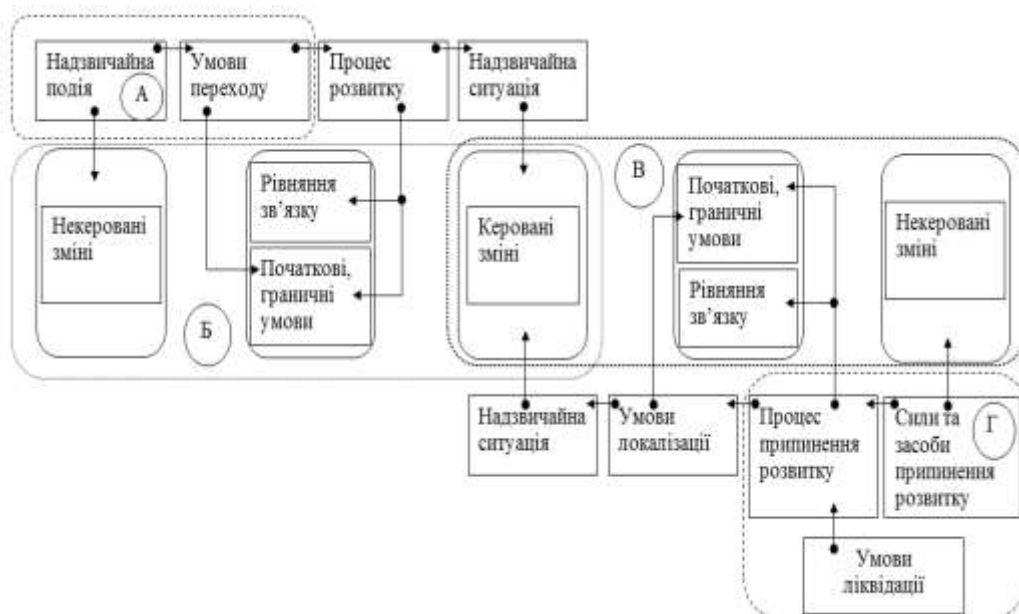


Рис. 2.3. Структурно-логічна схема моделювання основних процесів протидії надзвичайним ситуаціям [169].

На рис. 2.3 введені наступні визначення: А – складники моделювання процесу виникнення НС, Б – складники моделювання процесу розвитку НС, В – складники моделювання процесу локалізації НС, Г – складники моделювання процесу ліквідації НС. У разі поєднання складників групи Б та В маємо умови моделювання процесу попередження НС. Моделювання процесу запобігання НС є зворотною задачею зі складниками групи А [169].

Таким чином, розробка нових організаційно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали військових дій та ракетно-артилерійських уражень, на основі комплексного прогнозування, моніторингу та моделювання небезпеки ґрунтів, повинна базуватися на єдиних методологічних позиціях щодо місця та ролі процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації в структурі загального процесу протидії НС, які були попередньо апробовані у низці робіт з розробки та впровадження організаційних, оперативних інженерно-технічних та інформаційних методів попередження НС різного характеру виникнення та поширення.

2.2. Надзвичайні ситуації на територіях України, які зазнали військових дій внаслідок агресії росії, пов'язані з порушенням масивів підземних вод

Підземні води є одним із основних джерел прісної води та можуть використовуватись для побутових, сільськогосподарських та промислових цілей. Приблизно третина населення світу залежить від використання ґрунтових вод як питної води [171]. Однак, ресурси підземних вод перебувають під сильним антропогенним навантаженням та постійною загрозою забруднення.

Людська діяльність зменшує обсяги життєве-важливого природнього ресурсу – води. Військові дії посилюють проблему доступності якісної води, адже створюють додаткові виклики, що пов'язані як із руйнуванням об'єктів

водопостачання та водовідведення, так й забрудненням води [172, 173, 174]. Використання забруднених вод спричиняє небезпеку для здоров'я населення через погіршення епідеміологічного стану або збільшення інфекційних захворювань. Хвороби, що передаються через воду, є однією з основних проблем охорони здоров'я в усьому світі [175, 176]. Негативний вплив забруднених ґрунтових вод на здоров'я людини носить хронічний характер і його дуже важко виявити [177, 178].

В умовах сьогодення, коли авіація та артилерія російської федерації намагається не тільки знищувати військові об'єкти та інфраструктуру, а й впливати на стан безпеки водного середовища, актуальності набуває задача з аналізу сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з небезпекою зараження важкими металами та активними хімічними сполуками ґрунтових вод на територіях, які зазнали впливу воєнних дій, а саме систематичного ракетно-артилерійського ураження [179, 180, 181].

У багатьох країнах світу спостерігається дефіцит безпечної та якісної води [175], тому шляхам вирішення даної проблеми присвячено чимало наукових праць.

Якість води стає все більш вразливою до зміни клімату. Науковцями [182, 183] розглядається негативний вплив засухи, повені, а також підвищеної температури навколишнього середовища.

Негативний вплив урбанізації та індустріалізації на рівень забруднення вод розглянутий авторами в роботі [184]. В [185] оцінюється кореляція між швидкістю зростання населення на водозбірній території та показниками якості води річкової екосистеми. Щільність населення є основним фактором, який необхідно контролювати, щоб подолати швидку деградацію водної екосистеми.

В роботах [186, 187] приділяється увага питанням безпеки побутових та промислових стічних вод, впливу роботи гідроелектричних станцій на якість води [188], гребель, водосховищ [189,190] використанню агрохімії [191, 194], біологічних організмів [193, 194], радіаційного забруднення [195, 196].

Наукова спільнота значну увагу приділяє розвитку технологій очистки вод [197–199], наводить рекомендації щодо пріоритетів збереження і забезпечення надійного функціонування системи водопостачання [200].

Військові конфлікти суттєво погіршують стан водних ресурсів [201, 202]. Через більш високий потенціал сучасної зброї, воєнні дії, сьогодні, завдають більшої шкоди як населенню, так і навколишньому середовищу, ніж більш ранні, менш індустріалізовані [203, 204, 205]. Наслідки проявляються у вигляді порушення довкілля, в тому числі, й забруднення водних ресурсів [203, 206].

Дослідники визначають декілька можливих джерел забруднення через воєнні конфлікти: розлив нафти внаслідок нападів на нафтові родовища [207], пошкодження очисних споруд [208], розкладання та вплив токсичних речовин та вибухонебезпечних предметів (ракетне паливо, вибухівка тощо) [209, 210], міграція населення [201, 202].

Таким чином, дослідження стану ґрунтових вод є нагальним як для екологів, так й для органів та підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій з метою забезпечення цивільної безпеки населення та територій. Методологічне наповнення функціонування поля застосування основних процесів системи цивільного захисту (прогнозування, моніторинг та моделювання) з урахуванням потенційних небезпек післявоєнної відбудови, що пов'язані з небезпекою водного середовища, є на сьогодні важливим питанням.

Вода (водна інфраструктура) часто стає жертвою конфліктів [211, 212] з довготривалою небезпекою для місцевого населення та екосистем [212, 213]. Відсутність доступу до чистої води створює серйозну загрозу епідемічних спалахів, що посилюються як спекотною погодою, так й зниженням можливостей системи охорони здоров'я [214].

Вплив війни на водні ресурси загострює проблеми, які існували у мирний час, а саме: забруднення від сільського господарства, використання

мийних фосфатних засобів, втрати води при транспортуванні, негативний вплив зміни клімату – посухи в одних регіонах й повені в інших [215].

Небезпека для водних ресурсів може бути спричинена навмисними цілеспрямованими атаками або внаслідок побічного ефекту ударів по інших цілях. Відповідно до [206] прямий вплив, що пов'язаний з військовими діями, зазвичай, виникає одразу, в той час як опосередкований вплив – проявляється лише у середньостроковій та довгостроковій перспективі. Автори [216] називають прямий вплив «первинним», а непрямий – «вторинним».

Воєнні дії прямо (наприклад, артилерійські обстріли, лісові пожежі) або побічно (наприклад, будівництво таборів біженців) сприяють деградації наземних екосистем [217]. Бойові дії невідворотно спричиняють механічне та хімічне забруднення водойм та ґрунтових вод.

Дані Хронології водних катастроф та надзвичайних ситуацій, які наведені у відкритому доступі [218], свідчать, що за останні два десятиліття частота катастроф, пов'язаних з водою, зростає. Записи бази даних класифікуються за трьома категоріями: вода як тригер конфлікту; вода або водні системи, які використовуються як зброя в конфліктах; вода або водні системи, які є жертвами чи об'єктами конфліктів [219].

Хвиля водних воєнних катастроф на території України пов'язана з російсько-українською війною, що розпочалася з 2014 р. – анексії Криму та збройного конфлікту на Донбасі [220].

На сайті «Екологія право людини. Верховенство права для захисту довкілля» [221] наведений огляд злочинів проти водної інфраструктури України за 2022 рік:

– руйнування гідротехнічних споруд (лютий місяць, гідровузол Каховської ГЕС, березень – гідроспоруди Оскільського водосховища Харківської області, вересень – Карачунівського водосховища в м. Кривий Ріг, вересень – гідровузол Печенізького водосховища на р. Сіверський Донець, жовтень – дамба Карлівського водосховища, листопад – гребля Каховської ГЕС);

– системи водопостачання та водовідведення (березень – системи Чернігівського водоканалу, насосні станції; квітень – магістральний водогін «Дніпро-Миколаїв» поблизу с. Киселівка Херсонської області; березень – очисні споруди у м. Василівці Запорізької області; травень – інфраструктура водопостачання в с. Білогорівці Луганської області; листопад – аварійні відключення на очисних спорудах м. Вознесенськ Миколаївської області);

– забруднення водойм (квітень – уламками ракети пошкоджено резервуари з мінеральними добривами в Кременецькому районі Тернопільської області, як наслідок, забруднення р. Іква; жовтень – дронами-камікадзе зруйновано резервуар з рослинною олією, як наслідок, забруднено акваторії Бузького лиману; травень – касетні снаряди розірвалися над акваторією Зеленодольського водосховища на Дніпропетровщині. Фахівці ДСНС неодноразово піднімали з водойм уламки російських ракет.

– природно-заповідний фонд.

Багато невеликих річок та ставків України зазнали патологічного впливу на біорізноманіття. Наслідки проявляються у втраті здатності до самоочищення та природного відновлення.

Жахливі наслідки підриву дамби Каховської ГЕС (червень 2023 р.) [222]. Серед наслідків злочинного руйнування: «первинне» забруднення вод Дніпра та Чорного моря внаслідок потрапляння до вод паливно-мастильних матеріалів, змиву сміття, агрохімікатів, інших небезпечних матеріалів, затоплення і виведення з ладу систем очистки стічних вод, каналізації; «вторинне» забруднення внаслідок порушення шарів намулу, в яких десятиліттями відбувалось накопичення забруднюючих речовин; вимивання, перенесення мін та інших вибухонебезпечних речовин, збільшення мінної небезпеки.

Критична ситуація через наявні пошкодження або вже зруйнуванні об'єкти водопостачання та водовідведення, постійні обстріли прибережних районів і територіальних громад, спостерігається у Придніпровському промисловому регіоні (Кіровоградській, Дніпропетровській, Запорізькій та

Херсонській областях). В роботі [223] наведена карта пошкоджень та перебоїв у водопостачанні внаслідок війни в Україні. Найбільшого впливу від воєнних дій зазнають басейни річок Дніпра та Дону (р. Сіверський Донець).

Таким чином, воєнні дії – вибухи на підприємствах промисловості, мінування водних об'єктів, руйнування водної інфраструктури, захоплення об'єктів водопостачання – спричиняють небезпечні зміни у водному середовищі. Серед змін – відсутність безпечного централізованого водопостачання, так й забруднення вод важкими металами, підтоплення територій та погіршення їхнього санітарного стану.

У водоносному горизонті забруднюючі речовини часто створюють шлейф забруднювача, край якого може перетинатись з підземними колодзями та поверхневими водами. Це робить водопостачання небезпечним для населення.

Уразливість водоносних шарів до забруднення залежить від факторів, серед яких глибина до рівня ґрунту води, кліматичні фактори, топографія, ґрунтовий покрив та рослинні характеристики.

Глибина залягання ґрунтових вод є ключовим фактором при оцінці водозахищеності. Неглибокі водоносні горизонти піддаються більшому ризику забруднення, оскільки там менше пластів для фільтрації забруднень [224]. Під загрозу потрапляють не лише природні води країн, які перебувають у стані воєнного конфлікту, а й країни зі спільними річками транскордонного значення [225].

Клімат може мати важливе значення щодо ймовірності переміщення забруднювачів у водних об'єктах [226]. Річні норми опадів та випаровування можуть допомогти визначити, як стік поверхневих вод, швидкість поповнення ґрунтових вод та вологість ґрунту можуть впливати на міграцію забруднюючих речовин.

Температура ґрунту впливає на переміщення забруднюючих речовин, оскільки замерзлий ґрунтовий покрив може збільшити стік і перешкоджати поповненню ґрунтових вод. Тенденції, які спостерігаються у зміні якості

підземних вод, узгоджуються з температуро-залежною інтенсифікацією мікробного метаболізму та посиленням мінералізації органічної речовини при більш високих температурах як у водоносних горизонтах, так і у вище розташованих ґрунтах [227].

Сезонні умови впливають на міграцію забруднюючих речовин. Ступінь та відстань міграції забруднюючих речовин істотно відрізнятимуться в період сильного дощу або сильного снігопаду.

Топографія, відносна крутизна та висота ділянки впливатимуть на напрям та швидкість стоку поверхневих вод [228]. Більш круті схили означають, що поверхневі води мають тенденцію стікати, а не проникати. Ризик забруднення менший у засушливих районах, ніж у районах із рясними опадами. Ґрунтовий покрив та рослинні характеристики ділянки впливають на швидкість ерозії, просочування та випаровування ґрунту.

Характер розміщення джерел забруднення визначає граничні умови, шлях та час пересування забруднень до водоносного горизонту або водозабору. Різні механізми впливають на переміщення забруднювачів: дифузія [229], інфільтрація атмосферних опадів [230], адсорбція [199], розпад у ґрунтових водах [231]. Механічне перенесення під дією гідравлічного градієнту є основною формою міграції компонентів у водоносних пластах. Відкачування води з колодязів, що розміщені у водоносних горизонтах, може впливати на швидкість перенесення забруднюючих речовин та напрямок ґрунтових вод. Хімічні речовини, перебуваючи у воді, можуть зазнати розпаду або хімічних змін. Внаслідок реакції самі часткового розкладання утворюються нові небезпечні речовини [231].

Поведінка і характер міграції забруднюючих речовин у водному середовищі варіюються залежно від характеристик ґрунту та геології ділянки, гідрогеології, властивостей забруднювачів [232]. Характеристики ґрунту, такі як конфігурація, склад, пористість, проникність та ємність катіонного обміну, впливають на швидкість просочування (або інфільтрації атмосферних опадів), поповнення підземних вод, міграцію забруднюючих речовин. Стратиграфія

території відіграє важливу роль у транспортуванні забруднюючих речовин. Місцевість може мати пласти піщаного ґрунту, тріщинистої корінної породи, глини або твердого пласту. Ділянки карстового рельєфу на вапняковій основі іноді вразливі до поверхневого забруднення ґрунтовими водами. Землетрусні розломи також можуть бути шляхами надходження забруднення вниз. Геологічні та гідрогеологічні умови ділянки визначають швидкість та напрямок переміщення забруднюючих речовин у ґрунті та ґрунтових водах, ризик потрапляння джерел постачання питної води. Фізичні характеристики водоносних горизонтів, особливо пористість та проникність геологічних матеріалів, впливають на вертикальне (до водоносних горизонтів) та латеральне (до колодязів з питною водою) переміщення забруднюючих речовин у ґрунтових водах [233, 234]. Показано [233], що важкі метали мігрують вертикально вниз під дією сили тяжіння, тоді як у насиченому водоносному горизонті переважає перенесення розчинених речовин через потік ґрунтових вод. Гідравлічна провідність ґрунту демонструє позитивну кореляцію зі ступенем забруднення та вертикальною міграцією [234]. Забруднювачі, які мають високу схильність до адсорбції у ґрунті, відносно короткий період напіврозпаду для біологічного розкладання, сприяють захищеності підземних вод. Температура та рН водоносного горизонту впливають на розчинність забруднювачів – здатність мігрувати. Добре розчинні сполуки мають тенденцію переміщатися із ґрунтовими водами. В [235] зазначено, що високі температури сприяють рухливості миш'яку у ґрунтових водах. Важкі метали у воді з високим рН мають тенденцію випадати в осад, характеризується низькою рухливістю [236]. Високий показник коефіцієнту адсорбції вказує на те, що хімічні речовини міцно зв'язуються з речовинами у ґрунті, тому менша кількість хімікатів може потрапити до ґрунтових вод. Основні фактори поширення (міграції) забруднюючих речовин у ґрунтових водах можна розділити на три групи:

– природні: кліматичні умови, наявність в розрізі слабопроникаючих порід; глибина залягання ґрунтових вод; потужність, літологія і фільтраційні властивості порід; сорбційні властивості порід;

– техногенні: умови знаходження забруднюючих речовин на поверхні землі, характер проникнення;

– фізико-хімічні властивості забруднюючих речовин: міграційна здатність, сорбція, хімічна стійкість або час розпаду, взаємодія з породами і підземними водами.

Таким чином, дослідження поширення (міграції) забруднюючих речовин у ґрунтових водах є складним завданням через необхідність врахування природних, техногенних факторів середовища міграції, фізико-хімічних властивостей забруднюючих речовин.

Підходи до ведення моніторингу включають широкий спектр організаційних, кадрових, технічних, матеріальних та інших логістичних рішень [60].

Умовно, такі підходи можна розподілити за такими групами [129]:

1) наземні та надводні методи ведення моніторингу, які включають як автоматичні і напівавтоматичні датчики для забезпечення постійного спостереження за станом водних ресурсів, так і методи, що передбачають виїзд та проведення досліджень безпосередньо на станціях моніторингу (точках спостереження). Ця група також включає фото і відеофіксацію за допомогою безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та організацію стаціонарних фото і відеоспостережень.

2) використання методів дистанційного зондування земної або ж водної поверхні передбачає отримання космічних знімків необхідної роздільної здатності з подальшим їх дешифруванням та інтерпретацією. Ця група методів також передбачає використання фото і відеофіксації за допомогою БпЛА.

Ефективний моніторинг підземних вод має ґрунтуватися на певній меті, наприклад, конкретному забруднювачі, що викликає занепокоєння [224].

Рівень забруднення порівнюється з місцевими рекомендаціями або рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Для адекватного управління підземними водами необхідно реалізувати схеми, що дозволяють отримувати просторову та тимчасову інформацію про якість та рівні підземних вод шляхом проведення польових досліджень. Ці дослідження розглядаються як основне джерело інформації для визначення стану безпеки та якості води [237]. Дані про підземні води, зібрані у просторі та часі, корисні для побудови чисельних моделей, які дозволяють моделювати еволюцію рівнів та якості підземних вод [238, 239].

Мережа моніторингу представлена у різних частинах світу, де рівень і якість підземних вод та джерел вимірюються на регіональному рівні. Обробка та подання цієї інформації здійснюється в географічних інформаційних системах. Міжнародний центр з оцінки ресурсів підземних вод (IGRAC) започаткував Глобальну мережу моніторингу підземних вод (GGMN). Ця мережа заснована на каталозі з 166 параметрів/змінних, включених до географічних інформаційних систем [240].

Вченими розглядаються різні методи оптимізації проектування мереж моніторингу якості підземних вод. В роботі [241] запропоновано оптимальне проектування мереж моніторингу рівня підземних вод з використанням штучних нейронних мереж або багатокритеріального аналізу, реалізованого в географічній інформаційній системі або багатокритеріального аналізу – [242]. Поширеним підходом до проектування мереж моніторингу рівня підземних вод є застосування методів геостатистичної інтерполяції [243, 244].

Зростання забруднення підземних вод в усьому світі призвело до появи концепції «вразливості водоносного горизонту». Деякі водоносні горизонти більш вразливі до забруднення, ніж інші [245, 246].

Для вирішення задач цивільного захисту територіальних громад – захисту ґрунтових вод від забруднюючих речовин, – необхідно проводити заходи з прогнозування можливого забруднення. Прогнозування включає оцінку вразливості підземних (ґрунтових) вод. За результатами оцінки, можна

визначити імовірні загрози для життя та здоров'я населення, а також розробити та прийняти необхідні заходи для збереження та захисту цього природного ресурсу.

Для оцінки вразливості підземних вод науковцями застосовуються різні методи, які можна розділити на три загальні категорії: статистичні методи, імітаційні моделі, що ґрунтуються на процесах, та методи накладання та індексування [247, 248]. Основними аспектами оцінки вразливості є: час переміщення забруднюючої речовини від джерела до мети; процес ослаблення забруднення на шляху переміщення; тривалість присутності забруднення на цілі.

Статистичні методи можуть змінюватись від простої описової статистики концентрацій забруднюючих речовин до більш складного регресійного аналізу, що включає вплив кількох пояснюючих змінних [248]. Дослідники [249], використовуючи статистичні методи, наглядно продемонстрували результати оцінки ризику, пов'язаного з забрудненням, для здоров'я людини.

Ідентифікація потенційних джерел забруднення підземних вод у басейні Іслі (північний схід Марокко) та розуміння їх просторової мінливості у відповідь на певні природні та антропогенні впливи були досягнуті шляхом комбінованого вивчення іонних відносин та статистичного аналізу гідрохімічні дані [250].

Метод логістичної регресії для оцінки вразливості водоносних горизонтів до забруднення різними забруднювачами, такими як нітрати, хлориди та пестициди, представлений в роботі [251].

З використанням багатовимірної статистики: ієрархічного кластерного аналізу, факторного аналізу відповідностей та аналізу головних компонент, – можна ознайомитись в роботах по дослідженню водоносних горизонтів долини Сумам в північно-східній частині Алжиру [252], центральної частини басейну річки Гуаньчжун (Республіка Китай) [253], регіону Алмачам (Республіка Туреччина) [254].

Компонентний аналіз – це багатовимірний статистичний метод, який можна використовувати для зменшення складності вхідних змінних, коли є великий обсяг інформації та очікується, що змінні матимуть розширене пояснення [255]. Однак, використання статистичних методів обмежено вимогою високої якості даних та часовими обмеженнями.

Для прогнозування вразливості підземних вод використовуються моделі штучного інтелекту, що включають нечітку логіку, штучні нейронні мережі та нейро-нечітке моделювання [256]. SOM – це приклад нейронних мереж, які можна застосовувати для кластеризації та візуалізації складних та нелінійних наборів даних з різними характеристиками [257]. Імітаційні моделі, які ґрунтуються на процесах поєднання різних фізичних, хімічних та біологічних процесів для прогнозування перенесення забруднюючих речовин у просторовому та тимчасовому масштабі. В роботі [258] представлено інтегрований код гідрологічного моделювання, який враховує не лише гідрологічні процеси поверхневих та підземних вод та їх взаємодію, а також схеми управління, які переносять воду між областями у напівзасушливих, ретельно керованих агрорегіонах. Методи математичного моделювання процесу потребують великого обсягу допоміжних даних, тому найчастіше використовується на невеликих площах. Вони обмежені відсутністю достатньої кількості даних, а також обчислювальними труднощами.

Індексні методи, в залежності від застосування, поділяються на групи для пористих та карстових водоносних горизонтів [259]. Першим кроком є визначення ґрунтових, гідрогеологічних, гідрографічних та морфологічних характеристик, що відповідають кожній зоні в межах вразливого ареалу.

Цінними інструментами для стійкого управління підземними водами та планування землекористування у масштабі басейну або суббасейну є карти вразливості [248]. Карти передбачають накладання кількох тематичних карт з факторами, які були вибрані для опису вразливості водоносного горизонту. Існує два типи карт зонування: карти вразливості водоносних горизонтів до

забруднення і карти захисту джерел [224]. Це забезпечує ефективний спосіб визначення того, які вододжерела (свердловини, колодязі) слід перевірити.

Найбільш популярними методами накладання та індексування є DRASTIC, SINTACS, GOD, AVI. Ці методи використовувались в різних країнах світу, зокрема: Ірані [260], Марокко [261], США [262], Китаї [263], Індії [264], Тайланді [246], Італії [265], Греції [266], Індонезії [267, 268].

DRASTIC – це індексно-рейтинговий метод, що враховує природні фактори: глибину до рівня ґрунтових вод (D), живлення підземних вод (R), середовище водоносного горизонту (A), ґрунтове середовище (S), топографія (T), вплив середовища вадозної зони (I), гідравлічна провідність водоносного горизонту (C). Кожен фактор характеризується постійним, заздалегідь визначеним ваговим вкладом. В роботі [269] наведений огляд застосування методу DRASTIC на основі географічних інформаційних систем (ГІС).

Автори [270] показали вразливість та небезпеку забруднення підземних вод у мілководному водоносному горизонті Брага (Республіка Туніс) за допомогою комплексного багатокритеріального аналізу на основі ГІС та підходу штучної нейронної мережі (ANN) з використанням моделей DRASTIC та DRASTIC-LU, при цьому DRASTIC-LU додатково враховує антропогенний фактор забруднення. Модель DRASTIC не забезпечує абсолютну оцінку вразливості підземних вод [271]. Метод SINTACS має більшу гнучкість у виборі рейтингів та вагомостей. Даний метод дозволяє розглядати території з карстовими процесами або розломами в скельних породах. В роботі [272] проведена оцінка вразливості підземних вод гірничодобувного району Таркві (Південна Ганна). В дослідженнях [265] метод SINTACS був модифікований та застосований для Кампанської рівнини на півдні Італії. Модифікація полягала в оптимізації параметрів рейтингів з використанням тесту суми рангів Віллоксона та вагових оцінок за допомогою еволюційних алгоритмів. Метод OD враховує три параметри: тип водоносного горизонту (G), склад порід аерації (O), глибину до рівня ґрунтових вод (D) [267]. Кожний параметр має значення від 0 до 1. Метод AVI використовується для спрощеної оцінки.

Розглядаються два параметри: товщина кожного осадового шару над водоносним горизонтом та оцінка їх гідравлічної провідності [268]. Значення гідравлічного опору дає можливість оцінити час протікання забруднення до водоносного горизонту, що дозволяє визначити ступінь вразливості.

Воєнні дії суттєво знижують стан безпеки та якість водних ресурсів, накладають свої обмеження щодо їх моніторингу та контролю. В умовах воєнного стану, в Україні регламентоване зниження контролю якості питної води [273].

Визначення стану якості ґрунтових вод вимагає відбору відповідних проб ґрунту та води, виконання подальшого аналізу. В [274] описані процедури відбору та аналізу проб підземних вод, що стосуються тимчасового та постійного моніторингу колодязів водопостачання. Як основні критерії відбору проб ґрунтових вод можна відзначити місце відбору (свердловини, колодязі чи річки), глибина відбору (важливо взяти зразок з різних глибин, оскільки якість води може змінюватися в залежності від рівня ґрунтових вод), кількість зразків (рекомендується брати кілька зразків з одного джерела води, особливо для надійності результатів аналізу; кількість зразків може варіюватися залежно від розміру джерела); умови транспортування та зберігання (зразки слід збирати в спеціальних контейнерах, які не містять речовин, що можуть змінити якість води. Зберігання зразків має відбуватися при низькій температурі і без прямого сонячного світла, щоб уникнути змін якості води). В подальшому все це може вплинути на якість та достовірність результатів, а також на експресність їх отримання. В Україні орієнтовний перелік методик та стандартів визначення показників безпечності та якості питної води наведений в Державних санітарних нормах та правилах «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [275]. Вони базуються на біологічних, фізичних, фізико-хімічних та хімічних методах аналізу.

Останнім часом набувають поширення геофізичні та геоінформаційні методи. Застосування геофізичних методів для визначення потенційних місць

видобутку підземних вод [276]. При розвідці підземних вод використовуються різні наземні геофізичні методи, включаючи метод електричної протидії, метод сейсмічної рефракції, магнітний метод, радіоактивний метод, гравітаційний метод і електромагнітний метод [277].

Важливо враховувати, що дослідження стану ґрунтових вод повинні проводитись кваліфікованими спеціалістами з урахуванням національних та міжнародних норм та стандартів. Це дозволить отримати об'єктивну інформацію для прийняття відповідних заходів щодо забезпечення цивільного захисту територіальних громад. Значної ваги, в умовах зростання глобальних загроз, збільшення ймовірності виникнення НС, дефіциту природних ресурсів, а також небезпеки наслідків впливу воєнного конфлікту, набуває прийняття оптимальних та оперативних рішень у сфері цивільного захисту. На сьогодні не створено універсальної методології оцінки безпеки ґрунтових вод на територіях які зазнали воєнного впливу з метою попередження НС. Значна частина робіт проводиться в рамках визначення вразливості водоносних горизонтів – прогнозування безпечності та якості питної води.

Таким чином, розробка нових організаційно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали військових дій та ракетно-артилерійських уражень, на основі комплексного прогнозування, моніторингу та моделювання небезпеки ґрунтових вод повинна базуватися на єдиних методологічних позиціях, щодо місця та ролі процесів попередження, локалізації та ліквідації в структурі загального процесу протидії НС, які були попередньо апробовані у низці робіт з розробки та впровадження організаційних, оперативних, інженерно-технічних та інформаційних методів попередження НС різного характеру виникнення та поширення.

Література до розділу 2

1. Рашкевич Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст, 2023, том 4, випуск 178. С. 232–251. Doi: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>

2. Екодія. Випадки потенційної шкоди довкіллю, спричинені російською агресією [інтерактивна мапа]. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/warmap.html>.

3. Myroshnychenko A., Loboichenko V., Divizinyuk M., Levterov A., Rashkevich N., Shevchenko O., Shevchenko R. Application of Up-to-Date Technologies for Monitoring the State of Surface Water in Populated Areas Affected by Hostilities. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 2022, 16 (3), 50-59.

4. Leonova N., Loboichenko V., Rashkevich N., Bondarenko A. Chapter 18. Calculation and Analytical Methods for Determining the Content of Heavy Metals in Fish as an Element of Anthropogenic Load Research. in “New Dimensions of Environmental Biology”. Eds: Shyam Narain Pandey, Murtaza Abid, M.M. Abid Ali Khan, Aisha Ashraf. Discovery Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi (India), 2021. P. 211-222.

5. Лобойченко В.М., Бондаренко А.Ю. Моніторинг техногенних небезпек як складова попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням довкілля. Проблеми цивільного захисту населення та безпеки життєдіяльності: сучасні реалії України: Матеріали ІХ Всеукраїнської заочної науково - практичної конференції. Київ: УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023 . – С. 98-99

6. Лобойченко В.М., Бобок Я.В., Павлів В.В. Аналіз сучасного стану знешкодження вибухонебезпечних предметів, що з'явилися на території України внаслідок збройної агресії росії. Проблеми гарантування безпеки людини в умовах сучасних викликів: матеріали Всеукраїнської науково-

практичної конференції, 23-24 березня 2023 року. – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2023. – С. 18-20.

7. Процин, І. Аналіз закордонного досвіду із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру [Текст] / І. Процин // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. – 2021. – Т. 5. – № 2. – С. 95–100. – Режим доступу: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2021.5.2-95-100>

8. Іванченко, І.П. Зарубіжний досвід організації системи цивільного захисту [Текст] / І.П. Іванченко // Державне управління. – 2015. – № 23. – С. 156–159.

9. Shoyko, V. (2020). European experience in the formation of organizational support for public administration mechanisms in the field of civil protection. *Pressing Problems of Public Administration*, 1(57), 253–260. Retrieved from: <https://doi.org/10.34213/ap.20.01.29>

10. Бірюков, Д.С. Державно-приватне партнерство у сфері попередження та реагування на надзвичайні ситуації [Текст] / Д.С. Бірюков // Стратегічні пріоритети. – 2014. – № 1. – С. 164–168. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa_2014_1_24

11. Іванова, Т.В. Світовий досвід державного управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру [Текст] / Т.В. Іванова // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління. – 2020. – Т. 31 (70). – № 4. – С. 65–69. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2020.4/10>

12. Барило, О.Г. Зарубіжний досвід створення інформаційно-аналітичної системи цивільного захисту [Текст] / О.Г. Барило // Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія : Державне управління. – 2017. – Вип. 2. – С. 387–395. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNUCZUDU_2017_2_50

13. Белюченко, Д.Ю. Методика скорочення часу оперативного розгортання першим рятувальним підрозділом в умовах надзвичайних ситуацій техногенного характеру: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 177с.

14. Гудак, Р.В. Мінімізація наслідків надзвичайної ситуації природного характеру в гірській місцевості за допомогою пошуково-рятувальних вертольотів: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 169 с.

15. Бурменко, О.А. Методика попередження надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 141с.

16. Коваленко, Р.І. Скорочення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації шляхом використання багатофункціональних кузовів-контейнерів: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2018. – 187 с.

17. Шевченко, Р.І. Організаційно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру місцевого та регіонального рівнів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2018. – 372 с.

18. Прокопенко, О.В. Методика попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру в регіоні з нестійкими природнокліматичними умовами: дис. ... доктор філософії за спец 263 – цивільна безпека: м. Харків, 2021. – 197 с.

19. Левтеров, О.А. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

20. Мелещенко, Р.Г. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 378 с.

21. Лобойченко, В.М. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

22. Рашкевич, Н.В. Попередження надзвичайних ситуацій на полігоні твердих побутових відходів з ліквідаційним енергоємним технологічним

устаткуванням: дис. ... доктор філософії за спец 263 – цивільна безпека: м. Харків, 2021. – 203 с.

23. Іванов, Є.В. Попередження надзвичайних ситуацій, викликаних потраплянням і поширенням антропогенних забруднень у водному середовищі: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 167 с.

24. Кустов, М.В. Організаційно-технічні методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2019. – 391 с.

25. Мельниченко, А.С. Математичне та методичне забезпечення прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів: дис. ... доктор філософії за спец 263 – цивільна безпека: м. Харків, 2023. – 212 с.

26. Говаленков, С.С. Попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенним викидом в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 163 с.

27. Стецюк, Є.І. Методика попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2019. – 168 с.

28. Стрілець, В.В. Попередження надзвичайних ситуацій терористичного характеру, пов'язаних з малооб'ємним вибухом небезпечних хімічних речовин: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 194 с.

29. Ma, Y., Lan, Z., Zhang, K., Li, B., Zheng, W., Gao, Y., Li, J., Zhang, X. (2021). Effects of Plough Layer Thickness on Soil Nutrients and Cucumber Root Development. *Scientia Horticulturae*, 290, 110498. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110498>

30. Uvarenko, K. Influence of structural density and soil moisture on the productivity of intensive and semi-intensive spring barley varieties. *Вісник аграрної науки*. – 2021. – № 1. – С. 81–86. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-10>

31. Mebrate, A., Kippie, T., Zeray, N., Haile, G. (2022) Selected physical and chemical properties of soil under different agroecological zone in Gedeo Zone,

Southern Ethiopia, *Heliyon*, 8 (12), e12011. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12011>

32. Разанов, С.Ф. Вплив сидератів на родючість ґрунту [Текст] / С.Ф. Разанов, О.П. Ткачук, В.В. Овчарук, І.І. Овчарук // Збалансоване природокористування. – 2021. – № 4. – С. 144–152. Retrieved from: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253101>

33. Kaplan, G., Rashid, T., Pietrelli, A., Ferrara, V. (2022). Monitoring war-generated environmental security using remote sensing: A review. *Land Degradation and Development*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/ldr.4249>

34. Wenning, R.J., Tomasi, T.D. (2022). Using U.S. Natural Resource Damage Assessment (NRDA) to Understand the Environmental Consequences of the War in Ukraine. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(2). doi:[10.1002/ieam.4716](https://doi.org/10.1002/ieam.4716)

35. Колошко Ю.В., Лобойченко В.М., Груздова В.О. Екологічні аспекти попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднюючих речовин у водні об'єкти. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний конгрес, 12-14 жовтня 2022, Україна, Львів : Збірник матеріалів — Київ : Яроченко Я. В., 2022. —С. 36

36. Loboichenko V., Shevchenko R., Bondarenko A. Technical aspects of the method of prevention of emergency situations related to the spread of pollutants in water bodies. Технологія-2024: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 24 травня. 2024 р., м. Київ. Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2024. С. 99-101.

37. Salemi, C. (2021). Refugee camps and deforestation in Sub-Saharan Africa. *J. Dev. Econ.*, 152, 102682. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102682>

38. Pereira, P., Basic, F., Bogunovic, I., Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Sci. Total Environ.*, 837, 155865. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>

39. Лобойченко В.М., Бобок Я.В., Павлів В.В. Вплив знешкодження вибухонебезпечних предметів на стан цивільної безпеки в сучасній Україні. XXX Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених «Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства» Матеріали конференції – Кременчук: КрНУ, 2023. С. 340-342

40. Machlis, E.G., Hanson, T. (2008). Warfare Ecology. *BioScience*, 58(8), 729–736. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-1214-0_5

41. Бондаренко А.Ю., Лобойченко В.М. Дослідження стану водних об'єктів як складова попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру в післявоєнний час. Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів). – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 121-124.

42. Loboichenko V., Shevchenko R., Bondarenko A. Technical aspects of the method of prevention of emergency situations related to the spread of pollutants in water bodies. Технологія-2024: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 24 травня. 2024 р., м. Київ. Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2024. С. 99-101.

43. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report*. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. FAO & ITPS. 2015. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>

44. Certini, G., Scalenghe, R., Woods, W.I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, 127, 1–15. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>

45. Ingalls, M.L., Mansfield, D. (2017). Resilience at the periphery: insurgency, agency and social-ecological change under armed conflict. *Geoforum*, 84, 126–137. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.06.012>

46. Thestorf, K., Makki, M. (2022). Soils and landforms of war – Pedological investigations 75 years after World War II March 2022. *Geomorphology*, 407(4), 108189. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108189>
47. Williams, O., Rintoul, N. (2022). Legacy of war: Pedogenesis divergence and heavy metal contamination on the WWI front line a century after battle. *European Journal of Soil Science*, 73(4). Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/ejss.13297>
48. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P.K., Hussain, C.M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*, 850, 157932. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>
49. Althoff, P.S., Thien, S.J., Todd, T.C. (2010). Primary and residual effects of Abrams tank traffic on prairie soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74, 2151–2161. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2009.0091>
50. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J.R., Karaca, F. (2020). Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*, 12 (21), 9002. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su12219002>
51. Ampleman, G., Thiboutot, S., Lewis, J. et al (2004). *Evaluation of the contamination by explosives and metals at cold lake air weapons range (CLAWR)*. Alberta, phase II, final report. Quebec, Canada.
52. Tomić, N.T., Smiljanić, S., Jovic, M., Gligorić, M. (2018). Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit; Part 2: Determination of Heavy Metal Fractions. *Water Air and Soil Pollution*, 229(9). Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3950-7>
53. Gorecki, S., Nesslany, F., Hube, D. et al. (2017). Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War. *Sci. Total Environ.*, 314–323. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.213>
54. Vidosavljevic, D. et al. (2013). Soil contamination as a possible long-term consequence of war in Croatia. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and*

Plant Science, 63, 4, 322–329. Retrieved from:
<http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2013.777093>

55. Ibrahim M. Al-Sudani, Muwafaq H. Al-Lami, Abdul Hameed, Marie Jawad (2021). Spatial Distribution of Some Heavy Metals in Urban Soil of Western Iraqiq25. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25, 4, 10550–10558.

56. Наслідки для довкілля війни росії проти України [Текст] / О. Ангурець, П. Хазан, К. Колесникова, М. Куц, М. Чернохова, М. Гавранек // Електронне науково-популярне видання. – 2022. – 84 с. – Режим доступу: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>

57. Зайцев, Ю.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського р-нів Сумської Обл. [Текст] / Ю.О. Зайцев, О.М. Грищенко, С.А. Романова, І.О. Зайцев // *Agroecological Journal*. – 2022. – № 3. – С. 136–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>

58. Rybalova, O. Environmental assessment of soil contamination by trace metals [Текст] / O. Rybalova, H. Korobkova, O. Chynchyk, T. Stryzhak, O. Bondar // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». – 2022. – Вип 57. – С. 307–320. – Режим доступу: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-23>

59. Vasarevičius, S., Greičiūte, K. (2004). Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 12(4), 132–137. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/16486897.2004.9636834>

60. Gent, D.B., Johnson, J.L. (2013). *Characterization of Firing Range Soil from Camp Edwards, MA, and the Efficacy of Acid and Alkaline Hydrolysis for the Remediation of M1 105 mm M67 Propellant*. U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center: Concord, MA, USA.

61. Bordeleau, G., Martel, R., Ampleman, G., Thiboutot, S. (2008). Environmental Impacts of Training Activities at an Air Weapons Range. *J. Environ. Qual.*, 37, 308–317. Retrieved from: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0197>

62. Bausinger, T., Bonnaire, E., Preuss, J. (2007). Exposure assessment of a burning ground for chemical ammunition on the Great War battlefields of Verdun. *Sci. Total Environ.*, 382, 259–271. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.029>

63. Tomic, N.T., Smiljanic, S., Jovic, M., Gligoric, M., Povrenovic, D., Dosic, A. (2018). Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines, and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit: Part 1-Pseudo-total Concentration. *Water Air Soil Pollut.*, 229, 301. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3957-0>

64. Sladkova, A., Szakova, J., Havelcova, M., Najmanova, J., Tlustos, P. (2015). The Contents of Selected Risk Elements and Organic Pollutants in Soil and Vegetation within a Former Military Area. *Soil Sediment Contam.*, 24, 325–342. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1080/15320383.2015.955605>

65. Islam, M.N., Nguyen, X.P., Jung, H.Y., Park, J.H. (2016). Chemical Speciation and Quantitative Evaluation of Heavy Metal Pollution Hazards in Two Army Shooting Range Backstop Soils. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 96, 179–185. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-015-1689-z>

66. Rodriguez-Seijo, A., Alfaya, C.M., Andrade-Couce, M., Alonso Vega, F. (2016). Copper, Chromium, Nickel, Lead and Zinc Levels and Pollution Degree in Firing Range Soils. *Land Degrad. Dev.*, 27, 1721–1730. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2497>

67. Lima, D., Bezerra, M., Neves, E., Moreira, F. (2011). Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment. *Rev. Environ. Health*, 26, 101–110. Retrieved from: <https://doi.org/10.1515/reveh.2011.014>

68. Poesen, J. (2017). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs: Soil erosion in the Anthropocene. *Earth Surf. Process. Landforms*, 43, 64–84. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.4250>

69. Via, S.M., Manley, P.V. (2023). *Plants and their Interaction to Environmental Pollution*. eBook ISBN: 9780323983099 309–332.

70. Guney, M., Welfringer, B., de Repentigny, C., Zagury, G. (2013). Children's Exposure to Mercury-Contaminated Soils: Exposure Assessment and Risk Characterization. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 65. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-013-9891-7>

71. Hayashi, C., Koizumi, N., Nishio, H., Koizumi, N., Ikeda, M. (2012). Cadmium and other metal levels in autopsy samples from a cadmium-polluted area and Non-polluted control areas in Japan. *Biol. Trace Elem. Res.*, 145, 10–22. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-011-9155-1>

72. Kumar, M., Sawhney, N. (2020). Chemistry of heavy metals in the environment. In book: *Heavy metals in the environment*, Chapter: 2. Publisher: Elsevier, 9–34. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-821656-9.00002-X>

73. Liu, J-X, Zhou, G-B, Chen, S-J, Chen, Z. (2012). Arsenic compounds: revived ancient remedies in the fight against human malignancies. *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 16, 92–98. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.01.015>

74. *Breaking the Impasse on Donbass*. Retrieved from: <https://www.indepthnews.net/index.php/opinion/3245-breaking-the-impasse-on-donbass>

75. Russia-Ukraine war update: what we know on day 15 of the Russian invasion. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/world/2022/mar/10/russia-ukraine-war-update-what-we-know-on-day-15-of-the-russian-invasion>

76. Russia-Ukraine war update: what we know on day 15 of the Russian invasion. Retrieved from: <https://www.bbc.com/news/av/world-europe-61191111>

77. Ukrainian City Digs Mass Graves For Potential Coronavirus Victims. Retrieved from: <https://www.rferl.org/a/ukraine-dnipro-coronavirus-mass-graves/30530147.html>

78. World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine. Retrieved from: <https://euneighbourseast.eu/news-and-stories/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>

79. Ґрунтознавство з основами геології. Частина II. Генезис, класифікація та властивості ґрунтів. Навчальний посібник / Я.Г. Цицюра, М.І. Поліщук, Л.Ф. Броннікова. – ТОВ «Друк плюс», 2020. – 676 с.

80. Durães, N., Novo, L.A.B., Candeias, C., Ferreira da Silva, E. (2018). *Distribution, transport and fate of pollutants*. In Soil Pollution from Monitoring to Remediation; Duarte, A.C., Cachada, A., Rocha-Santos, T., Eds.; Elsevier-Academic Press: London, UK, 29–57. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00002-9>

81. Bisselink, B., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M. A. et al. (2018). *Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources*. In A Model Simulation Study; Joint Research Centre (JRC). European Commission: Luxembourg, 81. Retrieved from: <https://core.ac.uk/reader/162257070>

82. Gavrilesco, M. (2021). Water, Soil, and Plants Interactions in a Threatened Environment. *Water*, 13, 19, 2746. <https://doi.org/10.3390/w13192746>

83. UNICEF. (2019). *Water under fire: For every child, water and sanitation in complex emergencies*. New York, NY: United Nations Children's Fund. Retrieved from: <https://www.unicef.org/media/51286/file>

84. Kersten, M., Kriews, M., Kühn, W., Rick, HJ. (1994). *Combined Effects of Abiotic and Biotic Factors on Heavy Metal Fluxes*. In: Sündermann, J. (eds) *Circulation and Contaminant Fluxes in the North Sea*. Springer, Berlin, Heidelberg. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-78294-7_18

85. Šichorová, K., Tlustoš, P., Száková, J., Kořínek, K., Balík, J. (2004). Horizontal and vertical variability of heavy metals in the soil of a polluted area. *Plant, Soil and Environment*, 50(12), 525–534. Retrieved from: <https://doi.org/10.17221/4069-PSE>

86. Zhang, Y., Liu, Y., Liu, J., Zhan R. et al. (2022). Control mechanism of the migration of heavy metal ions from gangue backfill bodies in mined-out areas. *Front. Earth Sci., Structural Geology and Tectonics*, 10. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1090799>

87. Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Metals in Soils and Plants, fourth ed.* CRC Press, Boca Raton, FL.

88. Cuske, M., Karczewska, A., Galka, B. (2017). Speciation of Cu, Zn, and Pb in soil solutions extracted from strongly polluted soils treated with organic materials. *Pol. J. Environ. Stud.*, 26 (2), 567–575. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.15244/pjoes/66710>

89. Kumar, R.N., Nagendran, R. (2007). Influence of initial pH on bioleaching of heavy metals from contaminated soil employing indigenous *Acidithiobacillus thiooxidans*. *Chemosphere*, 66, 1775–1781. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.091>

90. Sun, H., Song, Y., Liu, W., Zhang, M., Duan, T., Cai, Y. (2023). Coupling soil washing with chelator and cathodic reduction treatment for a multi-metal contaminated soil: Effect of pH controlling. *Electrochim. Acta*, 448, 142178. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142178>

91. Тіменко, Г.В., *Особливості геохімічної міграції елементів та сполук у природних та природно-антропогенних комплексах річкової долини р. Лопань [Текст] / Г.В. Тіменко, А.А. Клещ // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2015. – № 1–2. – С. 35–45.*

92. Ma, L.Q., Hardison, D.W., Harris, W.G., Cao, X., Zhou, Q. (2007). Effects of soil property and soil amendment on weathering of abraded metallic Pb in shooting ranges. *Water Air Soil Pollut.*, 178 (1–4), 297–307. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-006-9198-7>

93. Dontsova, K., Taylor, S. (2017). *High explosives and propellants energetics: their dissolution and fate in soils*. In: Energetic Materials. Springer, Cham, 373–406. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-59208-4_11

94. Mao, L., Ye, H. (2018). Influence of Redox Potential on Heavy Metal Behavior in Soils: a Review. *Research of Environmental Sciences*, 31(10). 1669–1676. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2018.07.19>

95. Wang, Z., Lei, G. (2018). Study on Penetration Effect of Heavy Metal Migration in Different Soil Types. [IOP Conference Series: Materials Science and](#)

Engineering, 394(5), 052033. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/394/5/052033>

96. Clausen, J.L., Korte, N. (2011). *Fate and Transport of Energetics From Surface Soils to Groundwater*. American Chemical Society, Washington, DC. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1021/bk-2011-1069.ch015>

97. Chai, L., Wang, Y., Wang, X., Ma, L. et al. (2021). Pollution characteristics, spatial distributions, and source apportionment of heavy metals in cultivated soil in Lanzhou. *China. Ecol. Indic.*, 125, 107507. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107507>

98. Splodytel, A., Sorokina, L., Lunova, O. (2021). Landscape geochemical conditions and patterns of inter-element redistribution of heavy metals in landscapes of Kivertsi National Nature Park “Tsumanska Pushcha”. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(1), 165–178. Retrieved from: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112115>

99. Nie, Q., Wang, W., Guo, W., Li, H. (2021). Experimental Study on the Coupled Heat-Moisture-Heavy Metal Pollutant Transfer Process in Soils. *Advances in Civil Engineering*, 2021, Article ID 5510217, 10. Retrieved from: <https://doi.org/10.1155/2021/5510217>

100. Beck, A.J., Gledhill, M., Schlosser, C., Stamer, B., et al. (2018). Spread, behavior, and ecosystem consequences of conventional munitions compounds in coastal marine waters. *Front. Mar. Sei.*, 5, 141. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00141>

101. Bai, B., Rao, D., Xu, T., Chen, P. (2018). SPH-FDM boundary for the analysis of thermal process in homogeneous media with a discontinuous interface. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 517–526. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.10.004>

102. Huang, B., Yuan, Z., Li, D., Zheng, M., Nie, X., Liao, Y. (2020). Effects of soil particle size on the adsorption, distribution, and migration behaviors of heavy metal(loid)s in soil: a review. *Environmental Science: Processes & Impacts.*, 8, 1790–1808. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1039/D0EM00189A>

103. Forero, R. (2014). Partitioning model of the adsorption of explosives from soils to determine its environmental fate. *Rev. Crim.*, 56 (3), 139–152.

104. Dube, A., Zbytniewski, R., Kowalkowski, T., Cukrowska, E. (2001). Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(1), 1–10.

105. Fayiga, A.O. (2019). Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environ. Chem.*, 16 (2), 81–91. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1071/EN18196>

106. Galuškova, I., Borůvka, L., Drábek, O. (2011). Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements. *Soil and Water Research.*, 6(2), 55–60. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17221/55/2010-SWR>

107. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010. – Київ, Держспоживстандарт України, 2010. – 23 с. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10>

108. Кодекс цивільного захисту України: Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>

109. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 61r, 9, 43–50.

110. A Strategic Framework for Emergency Preparedness. Printed by the WHO Document Production Services (2017). Geneva, Switzerland. 17.

111. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 Київ. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>

112. Про затвердження Положення про моніторинг земель Постанова Кабінет Міністрів України від 20 серпня 1993 р. № 661. Київ. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text>

113. Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення наказ Міністерство аграрної політики України від 26.02.2004. № 51. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text>

114. Про охорону земель: Закон України Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 39, ст.349. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>

115. Земельний Кодекс України: Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 3-4, ст.27. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

116. Чорний, С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник [Текст] / С.Г. Чорний. – Миколаїв: МНАУ, 2018. – 233 с.

117. Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин: Постанова Кабінет Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325 Київ. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>

118. Яковишина, Т.Ф. Екологічна оцінка поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів м. Дніпропетровська [Текст] / Т.Ф. Яковишина // Вісник Криворізького національного університету. – 2016. – Вип. 41. – С. 78–83. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vktu_2016_41_19

119. Teng, Y., Liu, L., Zheng, N., Liu, H. (2022). Application of Different Indices for Soil Heavy Metal Pollution Risk Assessment Comparison and Uncertainty: A Case Study of a Copper Mine Tailing Site. *Minerals*, 12(9), 1074. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/min12091074>

120. Wei, B., Yang, L. (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, 94, 99–107. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.09.014>

121. Fang, A. Dong, J., An, Y. (2019). Distribution Characteristics and Pollution Assessment of Soil Heavy Metals under Different Land-Use Types in

Xuzhou City, China. *Sustainability*, 11(7), 1832. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su11071832>

122. Xu, Z. et al. (2021). Comprehensive evaluation of soil quality in a desert steppe influenced by industrial activities in northern China. *Sci. Rep.* 11, 17493. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96948-7>

123. Bartkowiak, A., Lemanowicz, J., Lamparski, R. (2020). Assessment of selected heavy metals and enzyme activity in soils within the zone of influence of various tree species. *Sci. Rep.*, 10, 14077. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69545-3>

124. Рибалова, О.В. Новий підхід до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами [Текст] / О.В. Рибалова, К.М. Коробкіна. *Proceedings of the “II International Scientific and Practical Conference “Topical problems of modern science”” November 18, 2017 Warsaw, Poland, 2017. 5. С. 86–90.*

125. Astel, A.M., Chepanova, L., Simeonov, V. (2011). Soil contamination interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water and Air Pollution.*, 216, 375–390. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0539-1>

126. Chen, T.B., Wong, J.W.C., Zhou, H.Y. (1997). Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong. *Environmental Pollution*, 96 (1), 61–68. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00003-1)

127. Galušíkova, I., Borůvka, L., Drábek, O. (2011). Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements. *Soil and Water Research*, 6(2), 55–60. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17221/55/2010-SWR>

128. EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Communication from the Commission. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>

129. Моніторинг довкілля Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Україна, м. Київ, 2023 р. – Режим доступу: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf

130. Weir, D., Mcquillan, D., Francis, R.A. (2019). Civilian science: the potential of participatory environmental monitoring in areas affected by armed conflicts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(10). Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7773-9>

131. Björnham, O., Grahn, H., von Schoenberg, P., Liljedahl, B., Waleij, A., & Brännström, N. (2017). The 2016 Al-Mishraq sulphur plant fire: source and health risk area estimation. *Atmospheric Environment*, 169, 287–296. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.025>

132. Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2018). *Soil Pollution: a hidden reality*. Rome, FAO. 142. Retrieved from: <https://www.fao.org/3/I9183EN/i9183en.pdf>

133. Lawrence, M.J., Stemberger, H.L.J., Zolderdo, A.J., Struthers, D.P., Cooke, S.J. (2015). The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*, 23(4), 443–460. Retrieved from: <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>

134. Пищуліна, О., Юрчишин, В. Міграційні прояви та впливи – уроки для України: Аналітична доповідь. – Центр Разумкова, 2023. –13 с.

135. Hesse, R. (2014). Geomorphological traces of conflict in high-resolution elevation models. *Applied Geography*, 46, 11–20. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.10.004>

136. Duncan, E.C., Skakun, S., Kariryaa, A., Prishchepov, A.. (2023). Detection and mapping of artillery craters with very high spatial resolution satellite imagery and deep learning. *Science of Remote Sensing*, 7, 100092. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.srs.2023.100092>

137. Gholizadeh, M.H., Melesse, A.M., Reddi, L. (2016). A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors*, 16(8), 1298. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/s16081298>

138. Zhang, S.Y. (2021). GIS-based evaluation of soil heavy metal pollution and health risk assessment in different functional areas [J]. *J. Environ. Eng. Technol.*, 1–13.

139. Zhao, L., Hu, Y., Zhou, W., Liu, Z. H., Pan, Y. C., Shi, Z., et al. (2018). Estimation methods for soil mercury content using hyperspectral remote sensing. *Sustainability*, 10 (7), 2474. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su10072474>
140. Khan, J., Singh, R., Upreti, P., Yadav, R.K. (2022). Geo-statistical assessment of soil quality and identification of Heavy metal contamination using Integrated GIS and Multivariate statistical analysis in Industrial region of Western India. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102646, Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102646>
141. Massas, I., Ehaliotis, C., Kalivas, D. et al. (2010). Concentrations and Availability Indicators of Soil Heavy Metals; the Case of Children's Playgrounds in the City of Athens (Greece). *Water Air Soil Pollut*, 212, 51–63 Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0321-4>
142. Zhang, C., Luo, L., Xu, W., Ledwith, V. (2008). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland, *Science of The Total Environment*, 398(1–3), 212–221. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.011>
143. Kheir, R.B., Greve, M.H., Abdallah, C., Dalgaard, T. (2010). Spatial soil zinc content distribution from terrain parameters: A GIS-based decision-tree model in Lebanon. *Environmental Pollution*, 158, 2, 520–528. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.08.009>
144. Yudhana, A., Sulistyono, D., Mufandi, I. (2021). GIS-based and Naïve Bayes for nitrogen soil mapping in Lendah, Indonesia. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 33, 100435. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100435>
145. El Behairy, Radwa A., Ahmed A. El Baroudy et al. (2022). Combination of GIS and Multivariate Analysis to Assess the Soil Heavy Metal Contamination in Some Arid Zones. *Agronomy*, 12, 11, 2871. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112871>
146. Davidson, H., Williams, G. (2009). *Soil sampling of contaminated land*. AWE International Magazine. Retrieved from: <https://www.aweimagazine.com/article/soil-sampling-of-contaminated-land-336>

147. Isildak, O., Ozbek, O. (2021). Application of potentiometric sensors in real samples. *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 51, 2018–2231. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1711013>
148. Zdrachek, E., Bakker, E. (2021). Potentiometric sensing. *Anal. Chem.*, 93, 72–102. Retrieved from: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b04681>
149. Quintana, H., Ramirez, J.L., Rubio, E.F., Marquez, E., Gonzalez, G., Gonzalez, G., Uruchurtu, J. (2013). Electrochemical sensor based on polypyrrole for the detection of heavy metals in aqueous solutions. *ECS Trans.*, 47, 265–273. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1149/04701.0265ecst>
150. Yasri, N.G., Halabi, A.J., Istamboulie, G., Noguer, T. (2011). Chronoamperometric determination of lead ions using PEDOT: PSS modified carbon electrodes. *Talanta*, 85, 2528–2533. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.08.013>
151. Somerset, V., Leaner, J., Mason, R., Iwuoha, E., Morrin, A. (2010). Development and application of a poly (2, 2'-dithiodianiline)(PDTDA)-coated screen-printed carbon electrode in inorganic mercury determination. *Electrochim. Acta*, 55, 4240–4246. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2009.01.029>
152. Dong, Y.P., Zhou, Y., Ding, Y., Chu, X.F., Wang, C.M. (2014). Sensitive detection of Pb(II) at gold nanoparticle/polyaniline/graphene modified electrode using differential pulse anodic stripping voltammetry. *Anal. Methods*, 6, 9367–9374.
153. Ashraf, I., Ahmad, F., Sharif, A., Altaf, A.R., Teng, H. (2021). Heavy metals assessment in water, soil, vegetables and their associated health risks via consumption of vegetables, District Kasur, Pakistan. *SN Appl. Sci.*, 3, 552. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-021-04547-y>
154. Linnert, A., Musiał, J. (2019). Investigation of the content of selected heavy metals – Lead and cadmium in a soil section. *Analit*, 7, 32–43.
155. Nadgórska-Socha, A., Wójcik, A., Spiler, J., Dabioch, M. (2017). Assessment of the degree of heavy metal accumulation in common dandelions and soil using ICP-OES technique. *Wydaw. Uniw. Śląskiego*. Retrieved from: <https://rebus.us.edu.pl/handle/20.500.12128/7839>

156. Alves, S., dos Santos, M.M., Trancoso, M.A. (2009). Evaluation of measurement uncertainties for the determination of total metal content in soils by atomic absorption spectrometry. *Accreditation and Quality Assurance*, 14, 87–93. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00769-008-0484-5>

157. Ercan, M.S.F., Ayyıldız, M.F., Chormey, D.S., Bakırdere, S. (2021). Determination of copper in traditional coffee pot water samples by atomic absorption spectrometry and matrix matching calibration strategy after switchable solvent based liquid-phase microextraction. *Environ. Monit. Assess.*, 193 (1), 1–7.

158. Schreiter, N., Wiche, O., Aubel, I., Bertau, M. (2021). Determination of germanium in plant and soil samples using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry (HR-CS GF AAS) with solid sampling. *Journal of Geochemical Exploration*. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2020.106674>

159. Baker, S.A., Bi, M., Aucelio, R.Q., Smith, B.W., Winefordner, J.D. (1999). Analysis of soil and sediment samples by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 14, 19–26.

160. Ezer, M. (2009). Heavy metal content of roadside soil in kahramanmaras, Turkey. *January Fresenius Environmental Bulletin*, 18(5), 704–708.

161. Arroya, L., Trejos, T., Gardinali, P.R., Almirall, J.R. (2009). Optimisation and validation of a laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry methods for the routine analysis of soils and sediments. *Spectrochimica Acta B*, 64, 16–25. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.sab.2008.10.027>

162. Yalcin, M.G., Tumuklu, A., Sonmez, M., Erdağ, D.Ş. (2009). Application of multivariate statistical approach to identify heavy metal sources in bottom soil of the Seyhan River (Adana), Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4), 311–22. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0894-9>

163. Anju, M., Banerjee, D.K. (2012). Multivariate statistical analysis of heavy metals in soils of a Pb–Zn mining area, India. *Environ. Monit. Assess.*, 184, 4191–4206. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-011-2255-8>

164. Yao, S., Nong, D., Zhao, F. (2018). Application of multivariate statistical theory in traceability analysis of heavy metals in mining area soils. *China Resour. Compr. Util.*, 36, 152–155.

165. Pîrnău, R.G., Patriche, C.V., Roșca, B., Vasiliniuc, I., Vornicu, N., Stanc, S. (2020). Soil spatial patterns analysis at the ancient city of Ibida (Dobrogea, SE Romania), via portable X-ray fluorescence spectrometry and multivariate statistical methods. *CATENA*, 189, 104506. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104506>

166. Shackley, M.S. (2011). An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. *Springer*, 7–44.

167. Wang, K., Qiao, Y., Zhang, H., Yue, S., Li, H., Ji, X., Liu, L. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in earthworms from field contaminated soil in a subtropical area of China, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 876–883. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.058>

168. Tischer, S., Tanneberg, H., Guggenberger, G. (2008). Microbial parameters of soils contaminated with heavy metals: Assessment for ecotoxicological monitoring. *Polish Journal of Ecology Pol. J. Scol.*, 56, 471–479.

169. Теоретичні засади парадигми «Цивільний захист»: монографія [Текст] / М.М. Дівізінюк, С.А. Єременко, О.А. Левтеров, А.В. Пруський, В.В. Стрілець, В.М. Стрілець, Р.І. Шевченко // Під заг. редакцією М.М. Дівізінюка та Р.І. Шевченка. – Київ: ТОВ «АЗИМУТ-ПРІНТ», 2022. – 335 с.

170. Шевченко, Р.І. Обґрунтування підходів до класифікації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру в контексті розбудови системи моніторингу [Текст] / Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2016. – Вип. 23. – С. 192–207.

171. International Association of Hydrogeologists. Groundwater - more about the hidden resource. Access mode: <https://iah.org/education/general-public/groundwater-hidden-resource>.

172. Рашкевич Н.В., Мирошник О.М., Шевченко Р.І. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з небезпекою ґрунтових вод. 2023. Том 7. № 2. С. 193–216.

173. Лобойченко В.М., Шевченко Р.І., Бондаренко А.Ю. Окремі аспекти розробки методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів. Проблеми цивільного захисту населення та безпеки життєдіяльності: сучасні реалії України: Матеріали X Всеукраїнської заочної науково - практичної конференції. Київ: УДУ імені Михайла Драгоманова, 2024 . С. 84-85.

174. Loboichenko V., Koloshko Y., Gruzdova V. Development of waste disposal technologies in post-war Ukraine as a component of its civil and environmental security. Технологія-2023: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 26 травня. 2023 р., м. Київ. – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2023. С. 18-19.

175. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. 2022. 614 p. Access mode: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.

176. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO). 2023. Access mode: <https://reliefweb.int/report/world/progress-household-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2000-2022-special-focus-gender>

177. Chakraborti D., Rahman M.M., Mukherjee A., Alauddin M., Hassan M., Dutta R.N., ... & Hossain M.M. Groundwater arsenic contamination in Bangladesh - 21 Years of research. *Journal of Trace elements in Medicine and Biology*. (2015). Vol. 31. P. 237–248.

178. Лобойченко В., Михалюк А., Букарева О. Окремі аспекти питання забезпечення безпеки населення України в умовах воєнного стану. Соціально-психологічна допомога і соціальна робота: виклики сучасності : матеріали V

Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 18–19 квітня 2024 р.). Луцьк: відділ іміджу та промоції ЛНТУ, 2024. С. 60-64.

179. Бондаренко А. Ю., Рашкевич Н.В., Лобойченко В. М., Шевченко Р.І. Інноваційні підходи в попередженні надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів населених пунктів, де відбувались бойові дії. «Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»: Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022», (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава: НУПП, 2022. С. 113 – 116.

180. Лобойченко В. М., Бондаренко А. Ю., Груздова В. О., Стрілець В. В., Колошко Ю. В. Забезпечення еколого-енергетичної безпеки в повоєнній Україні як складова морської безпеки країн Балто-Чорноморського регіону. II International scientific conference «Maritime security of the Baltic-Black sea region: challenges and threats» : conference proceedings, (December 23, 2022, Odessa, Ukraine). Riga, Latvia : «Baltija Publishing», С. 145 - 148

181. Рашкевич Н. В., Лобойченко В. М., Шевченко Р. І. Мінімізація наслідків екологічної небезпеки території, внаслідок їх вогневого ураження боєприпасами. «Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»: Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022», (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава : НУПП, 2022. С. 500 – 502.

182. Amanullah Khalid S., Imran Khan H.A., Arif M., Altawaha A.R., ... & Parmar B. Effects of climate change on irrigation water quality. *Environment, climate, plant and vegetation growth*. 2020. P. 123–132.

183. Whitehead P.G., Wade A.J., & Butterfield D. Potential impacts of climate change on water quality and ecology in six UK rivers. *Hydrology Research*. 2009. Vol. 40(2–3). P. 113–122.

184. Rahmana M., Ishaquea F., Hossaina M.A., Mahdya I.H., Royb P.P., & Treatment W. Impact of industrialization and urbanization on water quality of Surma River of Sylhet City. *Desalination and water treatment*. 2021. Vol. 235. P. 333–345. DOI: 10.5004/dwt.2021.27661

185. Liyanage C.P., Yamada K. Impact of population growth on the water quality of natural water bodies. *Sustainability*. 2017. Vol. 9, № 8. article 1405.

186. Khanam N., Singh A.A., Singh A.K., Hamidi M.K. Water Quality Characterization of Industrial and Municipal Wastewater, Issues, Challenges, Health Effects, and Control Techniques. In *Recent Trends in Wastewater Treatment*. 2022. pp. 1–30. Cham: Springer International Publishing. Access mode: https://doi.org/10.1007/978-3-030-99858-5_1

187. Djuwita M.R., Hartono D.M., Mursidik S.S., & Soesilo T.E.B. Pollution Load Allocation on Water Pollution Control in the Citarum River. *Journal of Engineering & Technological Sciences*. 2021. Vol. 53, № 1.

188. Alsaleh M., & Abdul-Rahim A. Moving toward sustainable environment: The effects of hydropower industry on water quality in EU economies. *Energy & Environment*. 2022. Vol. 33, № 7. P. 1304–1325. Access mode: <https://doi.org/10.1177/0958305X211039452>

189. Zaidel P.A., Roy A.H., Houle K.M., Lambert B., Letcher B.H., Nislow K.H., & Smith C. Impacts of small dams on stream temperature. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 120. article 106878. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106878>

190. Dębska K., Rutkowska B. & Szulc W. The influence of a dam reservoir on water quality in a small lowland river. *Environ Monit Assess*. 2021. Vol. 193(123). 7 p.

191. Rad S.M., Ray A.K., Barghi S. Water Pollution and Agriculture Pesticide. *Clean Technol.*. 2022. Vol. 4, № 4. P. 1088–1102.

192. Jayasiri M.M.J.G.C.N., Yadav S., Dayawansa N.D.K., Proper C.R., Kumar V., & Singleton G.R. Spatio-temporal analysis of water quality for pesticides and other agricultural pollutants in Deduru Oya river basin of Sri Lanka. *Journal of*

Cleaner Production. 2022. Vol. 330. article 129897. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129897>

193. Woodward G., Gessner M.O., Giller P.S., Gulis V., Hladyz S., Lecerf A., et al. Continental-scale effects of nutrient pollution on stream ecosystem functioning. *Science*. 2012. Vol. 336. P. 1438–1440. DOI: 10.1126/science.1219534

194. Pandey P.K., Kass P.H., Soupir M.L. et al. Contamination of water resources by pathogenic bacteria. *Amb Express*. 2014. Vol. 4. P. 1–16.

195. Bonavigo L., Zucchetti M., & Mankolli H. Water radioactive pollution and related environmental aspects. *Journal of International Environmental Application & Science*. 2009. Vol. 4, № 3. P. 357–363.

196. Madhav S., Mishra R. Radioactive pollution in water: A global concern for human health. 2021. Access mode: <https://www.downtoearth.org.in/blog/water/radioactive-pollution-in-water-a-global-concern-for-human-health-80637>

197. Chopparapu R., Sambattula K.R., Edara D.K., Dasari R., Sycam V., Srivalli G., & Chennaiah M.B. A review article on water purification techniques by using fiber composites and biodegradable polymers. In *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2247, No. 1. AIP Publishing.

198. Harahap J., Gunawan T., Suprayogi S., & Widyastuti M. A review: Domestic wastewater management system in Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 739, No. 1. article 012031. IOP Publishing. Access mode: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012031>

199. Al-Hashimi O., Hashim K., Loffill E., Marolt Čebašek T., Nakouti I., Faisal A.A., & Al-Ansari N. A comprehensive review for groundwater contamination and remediation: occurrence, migration and adsorption modelling. *Molecules*. 2021. Vol. 26, № 19. article 5913. Access mode: <https://doi.org/10.3390/molecules26195913>

200. Іванюта С.П. Пріоритети збереження та забезпечення надійного функціонування системи водопостачання Донбасу / Іванюта С.П. // Аналітична

записка. Національний ін-т стратег. досліджень. Серія: Національна безпека. – 2019. – № 4. – С. 1–9.

201. Kılıç E. Impact of Syrian civil war on water quality of Turkish Part of Orontes river. 2018. Access mode: <http://161.9.193.26/xmlui/handle/20.500.12508/659>

202. Müller M.F., Yoon J., Gorelick S.M., Avisse N., & Tilmant A. Impact of the Syrian refugee crisis on land use and transboundary freshwater resources. *Proceedings of the national academy of sciences*. 2016. Vol. 113, № 52. P. 14932–14937. Access mode: <https://doi.org/10.1073/pnas.1614342113>

203. Francis R.A. The impacts of modern warfare on freshwater ecosystems. *Environmental Management*. 2011. Vol. 48, № 5. P. 985–999. Access mode: <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9746-9>

204. Бондаренко А., Лобойченко В., Шевченко Р. Вплив кліматичних змін на професійну діяльність фахівців при попередженні надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням довкілля. Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів). – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С. 10-12.

205. Bondarenko A., Loboichenko V., Shevchenko O., Shevchenko R. Analysis of information-technical means of monitoring hazards associated with the release of pollutants into the environment. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів). – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С. 123-124.

206. Solomon N., Birhane E., Gordon C., Haile M., Taheri F., Azadi H., & Scheffran J.. Environmental impacts and causes of conflict in the Horn of Africa: A review. *Earth-Science Reviews*. 2018. Vol. 177. P. 284–290. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.016>

207. Zeitoun M., Eid-Sabbagh K., Loveless J. The analytical framework of water and armed conflict: a focus on the 2006 Summer War between Israel and Lebanon. *Disasters*. 2014. Vol. 38. P. 22–44. Access mode: <https://doi.org/10.1111/disa.12039>

208. Weinthal E., Sowers J. Targeting infrastructure and livelihoods in the West Bank and Gaza. *International Affairs*. 2019. Vol. 95, № 2. P. 319–340. Access mode: <https://doi.org/10.1093/ia/iiz015>

209. Gunawardana H., Tantrigoda D.A., Kumara U.A. Postconflict economic development: A way forward. *Economic Studies*. 2018. Vol. 27, № 4. P. 162–175.

210. Lyovin D., Strelets V., Shevchenko R., **Loboichenko V.**, Divizinyuk M., Strelets V., Pruskyi A. A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load. *Data in Brief*, 2023, 109602, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109602>.

211. Khilchevskyi V.K., Mezentsev K.V. Water conflicts and Ukraine: Donbas region. *Proceedings 15th International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2021. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2004>

212. Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A. et al. Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nat Sustain*. 2023. Vol. 6. P. 578–586. Access mode: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>.

213. Лобойченко В.М., Павлів В.В., Екологічні аспекти мінної небезпеки в Україні як наслідок воєнної агресії росії. VII Міжнародна науково – практична конференція «Енергетична безпека навколишнього середовища» 2 – 3 жовтня 2023 року. ЛНТУ, Луцьк. С. 5-8.

214. Zaliska O., Oleshchuk O., Forman R., Mossialos E. Health impacts of the Russian invasion in Ukraine: need for global health action. *Lancet*. 2022. Vol. 399. P. 1450–1452.

215. Вода як джерело життя чи зародок війни: як крадіжка води окупантами впливає на водозабезпеченість України і Криму. Access mode:

<https://vinmedlib.org.ua/home/info-dajdzhest/107-vijna-i-dovkillya/1709-voda-yak-dzherelo-zhittya-chi-zarodok-vijni-yak-kradizhka-vodi-okupantami-vplivae-na-vodozabezpechenist-ukrajini-i-krimu>

216. Zeitoun M., Eid-Sabbagh K., Loveless J. The analytical framework of water and armed conflict: A focus on the 2006 Summer War between Israel and Lebanon. *Disasters*. 2014. Vol. 38, № 1. P. 22–44. Access mode: <https://doi.org/10.1111/disa.12039>

217. Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., & Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 837. article 155865.

218. Water Conflict Chronology. Access mode: <https://www.worldwater.org/conflict/map/>

219. Gleick P.H., Shimabuku M. Water-related conflicts: definitions, data, and trends from the water conflict chronology. *Environmental Research Letters*. 2023. Vol. 18, № 3. article 034022.

220. Хільчевський В.К. Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2022. – № 1 (63). – С. 6–19

221. Екологія право людини. Верховенство права для захисту довкілля. Огляд року війни для водних ресурсів України 23 березня 2023. Режим доступу: <http://epl.org.ua/announces/oglyad-roku-vijny-dlya-vodnyh-resursiv-ukrayiny/>

222. Екодія. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. Режим доступу: <http://surl.li/jqluq>

223. Карта пошкоджень та перебоїв у водопостачанні внаслідок війни в Україні. Ukraine conflict environmental briefing. Conflict and Environment Observatory. – 2022. Режим доступу: <https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-water/#2>

224. Smith M., Cross K., Paden M. and Laban P. (eds.). Spring – Managing groundwater sustainably. IUCN, Gland, Switzerland. 2016. 133 p. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.WANI.8.en>

225. Toset H.P.W., Gleditsch N.P., & Hegre H. Shared rivers and interstate conflict. *Political geography*. 2000. Vol. 19, № 8. P. 971–996. Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096262980000038X>

226. Xia X.H., Wu Q., Mou X.L., & Lai Y.J. Potential impacts of climate change on the water quality of different water bodies. *J. Environ. Inform.* 2015. Vol. 25, № 2. P. 85–98.

227. Riedel T. Temperature-associated changes in groundwater quality. *Journal of Hydrology*. 2019. Vol. 572. P. 206–212. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.059>

228. Willemijn M. Appels, Patrick W. Bogaart, Sjoerd E.A.T.M. van der Zee. Surface runoff in flat terrain: How field topography and runoff generating processes control hydrological connectivity. *Journal of Hydrology*. 2016. Vol. 534. P. 493–504. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.021>

229. Lei X., Tao B. Notice of Retraction: Modeling of Water Pollutants Diffusion in Different Flow States, *2011 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 2011. P. 1–5. DOI: [10.1109/icbbe.2011.5780742](https://doi.org/10.1109/icbbe.2011.5780742)

230. Shi-Qin W., Xian-Fang S., Guo-Qiang X., Zhi-Min W., Xin L.I.U., & Peng W.A.N.G. Appliance of oxygen and hydrogen isotope in the process of precipitation infiltration in the shallow groundwater areas of North China Plain. *水科学进展*. 2009. Vol. 20, № 4. P. 495–501.

231. Ekubo A.T., Abowei J.F.N. Aspects of Aquatic Pollution in Nigeria. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*. 2011. Vol. 3, № 6, 673–693.

232. Ahmad Z., Ashraf A., Akhter G., Ahmad I. Groundwater and Contaminant Hydrology. *Current Perspectives in Contaminant Hydrology and*

Water Resources Sustainability. 2013. 169 p. Access mode: <http://dx.doi.org/10.5772/54732>

233. Zeng J., Tabelin C.B., Gao W., Tang L., Luo X., Ke W., ... & Xue S. Heterogeneous distributions of heavy metals in the soil-groundwater system empowers the knowledge of the pollution migration at a smelting site. *Chemical Engineering Journal*. 2023. Vol. 454. article 140307. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140307>

234. Zhou J., Song B., Yu L., Xie W., Lu X., Jiang D., ... & Song M. Numerical Research on Migration Law of Typical Chlorinated Organic Matter in Shallow Groundwater of Yangtze Delta Region. *Water*. 2023. Vol. 15, № 7. article 1381. Access mode: <https://doi.org/10.3390/w15071381>

235. Xing S., Guo H., Sun X., Zhang L., & Su A. Temperature-induced arsenic accumulation in groundwater from Pliocene aquifers of a semiarid continental basin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2023. Vol. 343. P. 98–114. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.12.029>

236. Saalidong B.M., Aram S.A., Otu S., & Lartey P.O. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PloS one*. 2022. Vol. 17, № 1. e0262117. DOI: 10.1371/journal.pone.0262117

237. Bhat S., Motz L.H., Pathak C., Kuebler L. Geostatistics-based groundwater-level monitoring network design and its application to the Upper Floridan aquifer, USA. *Environ. Monit. Assess.*. 2015. Vol. 187. article 4183.

238. Ahmadi S.H., Sedghamiz A. Geostatistical Analysis of Spatial and Temporal Variations of Groundwater Level. *Environ. Monit. Assess.*. 2007. Vol. 129. P. 277–294.

239. Вовчук Т., Лобойченко В., Рашкевич Н., Шевченко О., Шевченко Р. Формування інформаційної qr – технології моніторингу стану поверхневих вод на територіях, які постраждали внаслідок бойових дій. In *Scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Korniylo I., Gnyp O. – etc. –*

International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. 709 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.2 p- 357-368.

240. International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). Access mode: <https://www.unigrac.org/sites/default/files/resources/files/GGMN%20Brochure%202016.pdf>

241. Nourani V., Ejlali R.G., Alami M.T. Spatiotemporal Groundwater Level Forecasting in Coastal Aquifers by Hybrid Artificial Neural Network-Geostatistics Model: A Case Study. *Environ. Eng. Sci.*. 2011. Vol. 28. P. 217–228.

242. Uddameri V., Kakarlapudi C., Hernandez E.A. A GIS enabled nested simulation-optimization model for routing groundwater to overcome spatio-temporal water supply and demand disconnects in South Texas. *Environ. Earth Sci.*. 2014. Vol. 71. P. 2573–2587.

243. Varouchakis E.A., Hristopulos D.T. Comparison of stochastic and deterministic methods for mapping groundwater level spatial variability in sparsely monitored basins. *Environ. Monit. Assess.*. 2013. Vol. 185. P. 1–19.

244. Ran Y., Li X., Ge Y., Lu X., Lian Y. Optimal selection of groundwater-level monitoring sites in the Zhangye Basin, Northwest China. *Journal of Hydrology*. 2015. Vol. 525. P. 209–215. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.059>.

245. World Health Organization (WHO). 2006. Protecting Groundwater for Health - Understanding the drinking-water catchment. Access mode: <https://www.who.int/publications/i/item/9241546689>

246. Jiradech M., Sunya S. Groundwater vulnerability assessment and sensitivity analysis in Nong Rua, Khon Kaen, Thailand, using a GIS-based SINTACS model. *Environ Earth Sci.*. 2013. Vol. 68, № 7. P. 2025–2039. Access mode: <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1890-x>

247. Chenini I., Zghibi A., Kouzana L. Hydrogeological investigations and groundwater vulnerability assessment and mapping for groundwater resource protection and management: State of the art and a case study. *J. Afric. Earth. Sci.*. 2015. Vol. 109. P. 11–26.

248. Machiwal D., Jha M.K., Singh V.P., & Mohan C. Assessment and mapping of groundwater vulnerability to pollution: Current status and challenges. *Earth-Science Reviews*. 2018. Vol. 185. P. 901–927.

249. Chakraborty M., Tejankar A., Coppola G. et al. Assessment of groundwater quality using statistical methods: a case study. *Arab J Geosci*. 2022. Vol. 15. article 1136. Access mode: <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10276-2>

250. Ziani S., Khattach D., Abderbi J., Nouayti N., & Makkaoui M. Assessment of groundwater quality using statistical methods in the Isly basin (Horst Belt, Morocco). In *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 240. article 01009. EDP Sciences.

251. Frans L.M., Rupert M.G., Hunt C.D. Jr, Skinner K.D. Groundwater quality in the Columbia Plateau, Snake river plain, and Oahu Basaltic-Rock and Basin-Fill aquifers in the Northwestern United States and Hawaii, 1992–2010. US Geological Survey. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.3133/sir20125123>

252. Ghodbane M., Benaabidate L., Boudoukha A., Gaagai A., Adjissi O., Chaib W., & Aouissi H.A. Analysis of groundwater quality in the lower Soummam Valley, North-East of Algeria. *Journal of Water and Land Development*. 2022. Vol. 54. P. 1–12.

253. Ren X., Li P., He X., Su F., & Elumalai V. Hydrogeochemical processes affecting groundwater chemistry in the central part of the Guanzhong Basin, China. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 2021. Vol. 80. P. 74–91.

252. Taşan M., Demir Y., Taşan S. Groundwater quality assessment using principal component analysis and hierarchical cluster analysis in Alaçam, Turkey. *Water Supply*. 2022. Vol. 22, № 3. P. 3431–3447.

255. Noori R., Sabahi M.S., Karbassi A.R., Baghvand A., & Zadeh H.T. Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination*. 2010. Vol. 260(1–3). P. 129–136.

256. Dixon B. Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting groundwater vulnerability: A GIS-Based sensitivity analysis. *J Hydrol*. 2005. Vol. 309(1–4). P. 17–38.

257. Olawoyin R., Oyewole S.A., Grayson R.L. Potential risk effect from elevated levels of soil heavy metals on human health in the Niger delta. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2012. Vol. 85. P. 120–130.

258. Aliyari F., Bailey R.T., Tasdighi A., Dozier A., Arabi M., & Zeiler K. Coupled SWAT-MODFLOW model for large-scale mixed agro-urban river basins. *Environmental Modelling & Software*. 2019. Vol. 115. P. 200–210.

259. Jha M.K., Peiffer S. Applications of remote sensing and GIS technologies in groundwater hydrology: past, present and future. 2006. Vol. 112. Bayreuth: BayCEER.

260. Oroji B. Assessing groundwater vulnerability by pollution mapping in Iran: Case study Hamadan-Bahar plain. *Geofísica internacional*. 2018. Vol. 57, № 3. P. 161–174.

261. El Yousfi Y., Himi M., Aqnouy M., Benyoussef S., Gueddari H., Lamine I., ... & Abioui M. Pollution Vulnerability of the Ghiss Nekkour Alluvial Aquifer in Al-Hoceima (Morocco), Using GIS-Based DRASTIC Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20, № 6. article 4992.

262. Fritch T.G., McKnight C.L., Yelderman Jr J.C., Arnold J.G. An aquifer vulnerability assessment of the Paluxy aquifer, central Texas, USA, using GIS and a modified DRASTIC approach. *Environmental management*. 2000. Vol. 25. P. 337–345.

263. Wang J., He J., Chen H. Assessment of groundwater contamination risk using hazard quantification, a modified DRASTIC model and groundwater value, Beijing Plain, China. *Science of the total environment*. 2012. Vol. 432. P. 216–226.

264. Bera A., Mukhopadhyay B. P., Das S. Groundwater vulnerability and contamination risk mapping of semi-arid Totko river basin, India using GIS-based DRASTIC model and AHP techniques. *Chemosphere*. 2022. Vol. 307. article 135831.

265. Jahromi M.N., Gomeh Z., Busico G. et al. Developing a SINTACS-based method to map groundwater multi-pollutant vulnerability using evolutionary algorithms. *Environ Sci Pollut Res*. 2021. Vol. 28. P. 7854–7869.

266. Kazakis N., Voudouris K. Comparison of three applied methods of groundwater vulnerability mapping: A case study from the Florina basin, Northern Greece. In *Advances in the Research of Aquatic Environment*. 2011. Vol. 2. pp. 359–367. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

267. Rukmana B.T.S., Bargawa W.S., Cahyadi T.A. Assessment of groundwater vulnerability using GOD method. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 477, № 1. article 012020. IOP Publishing.

268. Putranto T.T., Santi N., Widiarso D.A., Pamungkas D. Application of Aquifer Vulnerability Index (AVI) method to assess groundwater vulnerability to contamination in Semarang urban area. In *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 159. p. 01036. EDP Sciences.

269. Shirazi S.M., Imran H.M., Akib S. GIS-based DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment: a review. *Journal of Risk Research*. 2012. Vol. 15, № 8. P. 991–1011.

270. Smida H., Tarki M., Gammoudi N., Dassi L. GIS-based multicriteria and artificial neural network (ANN) investigation for the assessment of groundwater vulnerability and pollution hazard in the Braga shallow aquifer (Central Tunisia): A critical review of generic and modified DRASTIC models. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2023. article 104245.

271. Ouedraogo I. Mapping groundwater vulnerability at the pan-African scale. Université Catholique de Louvain, Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgium. 2017.

272. Ewusi A., Ahenkorah I., Kuma J.S.Y. Groundwater vulnerability assessment of the Tarkwa mining area using SINTACS approach and GIS. *Ghana Mining Journal*. 2017. Vol. 17, № 1. P. 18–30.

273. Державні санітарні норми і правила «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру»: наказ Міністерство охорони здоров'я України від 22.04.2022 № 683. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#Text>

274. Minnesota Pollution Control Agency. Groundwater sample collection and analysis procedures Petroleum Remediation Program. August 2022. 21 p. Access mode: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/c-prp4-05.pdf>

275. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: наказ Міністерство охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

276. Wiederhold H., Kallesøe A.J., Kirsch R. et al. Geophysical methods help to assess potential groundwater extraction sites. *Grundwasser - Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*. 2021. Vol. 26. P. 367–378. Access mode: <https://doi.org/10.1007/s00767-021-00495-x>

277. Adagunodo T.A., Akinloye M.K., Sunmonu L.A., Aizebeokhai A.P., Oyeyemi K.D., & Abodunrin F.O. Groundwater exploration in Aaba residential area of Akure, Nigeria. *Frontiers in Earth Science*. 2018. Vol. 6. article 66.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ ТЕХНОГЕННОГО ТА МЕДИКО- БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА SMALL-SCALE ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА НА ТЕРИТОРІЯХ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

3.1 Характеристики процесу організаційних питань запобігання надзвичайних ситуацій в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій

Окремим аспектом державної політики України, як і будь якої сучасної держави, виступає своєчасне попередження та швидка ліквідація подібних надзвичайних ситуацій. Важливу роль при цьому відіграє скоординованість дії різних організаційних структур на всіх рівнях законодавчої та виконавчої влади [1].

Для різних держав характерними є певні особливості на окремих рівнях управління в частині устрою та функціонування відповідних підрозділів та служб.

Зокрема, в США координацією дій з ліквідації наслідків катастроф, які не вдається подолати місцевій владі, займається Федеральне Агентство Управління в Надзвичайних Ситуаціях (FEMA). При всіх позитивних моментах як недолік цієї структури відмічається розгалуженість управлінських органів, їх дублюючи та громіздкі функції [2]. Ієрархічний устрій та централізоване управління в системі цивільного захисту властиві для більшості європейських країн [3]. У Великобританії – це Управління цивільної оборони при Міністерстві внутрішніх справ, в Італії – національна служба цивільного захисту під егідою Міністерства цивільного захисту, в Німеччині – Федеральне управління цивільного захисту, яке підпорядковується канцлеру і т.п. [2, 4].

Тобто різні країни мають свої підходи до вирішення питання запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій [5], хоча, як спільне, можна відмітити

подібність завдань, що на них покладаються. А саме: планувальні заходи з питань запобігання надзвичайним ситуаціям, відповідне реагування на надзвичайні ситуації та управління в цих умовах, ліквідація наслідків, допомога населенню тощо [2].

В Україні діяльність єдиної державної системи цивільного захисту регламентується Кодексом цивільного захисту України [6], постановами Кабінету Міністрів, указами Президента та іншими нормативно-правовими актами й законами. Цей Кодекс надає визначення цивільного захисту як функції держави, що «спрямована на захист 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». Він регламентує завдання сил цивільного захисту, зокрема «проведення робіт та вжиття заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям, захисту населення і територій від них» [6], визначає рівні надзвичайних ситуацій, їх види. Градація надзвичайних ситуацій за характером на техногенні, природні, соціальні та воєнні визначена в таких документах як «Класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій» [7] та «Класифікатор надзвичайних ситуацій» [8]. Ці документи детально окреслюють класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій.

Але недосконалість законодавчої та незадовільність матеріальної бази, які на сьогодні мають місце в Україні, спричиняють неоднозначність функціонування, взаємодії та відповідальності окремих ланок при запобіганні та ліквідації деяких видів надзвичайних ситуацій [9].

Як приклад недосконалості існуючої законодавчої бази в сфері цивільного захисту можна відмітити неоднозначність трактування терміну «надзвичайна екологічна ситуація». Зокрема [10], відмічається недосконалість запропонованого визначення надзвичайної екологічної ситуації в існуючих нормативних документах та неоднозначність в ототожненні термінів «надзвичайна екологічна ситуація» та «надзвичайна ситуація» [9].

Так, чинні закони України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» [11] та «Про охорону навколишнього природного середовища» [12] містять цей термін. В той же час визначення та характеристика надзвичайної екологічної ситуації відсутні в законодавчих документах сфери цивільного захисту - «Класифікаторі надзвичайних ситуацій» [8], та, відповідно, в «Класифікаційних ознаках надзвичайних ситуацій» [7].

Як наслідок, відсутній механізм реагування на них відповідних структур в системі цивільного захисту - Кодекс цивільного захисту [6], «Положення про Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту» [13] та «Положення про єдину державну систему цивільного захисту» [14] не регламентують підпорядкованості та дій відповідних підрозділів цивільного захисту при виникненні надзвичайної екологічної ситуації. Не розкрито в них також питання попередження надзвичайної екологічної ситуації, послідовності дій та відповідальних служб .

При цьому в сучасній історії держави мають місце випадки оголошення та законодавчого закріплення надзвичайної екологічної ситуації. Можна навести надзвичайну екологічну ситуацію, що склалась в 2010 р. в Івано-Франківській області та пов'язаної з витоком токсичних хімічно-небезпечних речовин із хвостосховищ в довкілля. Її статус був закріплений окремим відповідним законом [15, 16], якому передував указ Президента України «Про оголошення територій міста Калуш та сіл Кропивник і Сівка-Калуська Калуського району Івано-Франківської області зоною надзвичайної екологічної ситуації» [17]. Цей закон, серед іншого, доручав Кабінету Міністрів забезпечити наступне: «здійснення запобіжних заходів щодо недопущення забруднення джерел питного водопостачання; здійснення технічних заходів з укріплення, гідроізоляції, зменшення динаміки приросту розсолів у Домбровському кар'єрі калійних руд; укріплення дамби хвостосховища № 2 Калуш-Голинського родовища калійних солей; дослідження полігону захоронення токсичних відходів, розробку та здійснення комплексу заходів щодо локалізації джерела забруднення токсичними

відходами навколишнього середовища та щодо ліквідації наслідків такого забруднення». Як видно, це питання запобігання, локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій, які віднесені до обов'язків системи цивільного захисту.

Іншим важливим аспектом, що ускладнює діяльність сил цивільного захисту в сучасній Україні – підвищення можливостей виникнення надзвичайних ситуацій на підприємствах, причинами яких виступає незадовільність матеріально-технічної бази цих підприємств. Так, на сьогодні має місце значна зношеність технічного обладнання, його фізична застарілість, енерго- та ресурсоемність виробництв та їх невідповідність сучасним ринковим потребам [18]. Ситуацію ускладнює також відтік кваліфікованих кадрів, пов'язаний з економічними реаліями та віковими обмеженнями населення держави.

Однією з головних тенденцій розвитку промислової галузі в світі на сьогодні виступає пріоритетний перехід до невеликих (малотоннажних, small-scale) підприємств, в тому числі, й для критичної інфраструктури. Вони є високотехнологічними, інноваційно привабливими, часто мають високу рентабельність та здатні до більш швидкого освоєння новітніх технологій [19]. Додатковим позитивним фактором є їх умовна дешевизна порівняно з розбудовою великих підприємств.

В Україні також відзначено необхідність розвитку промислового сектору в цьому напрямку. Так, потреба держави в small-scale виробництвах, які б відповідали мінливим потребам сучасних виробництв, зазначена в Постанові Кабінету Міністрів України від 28 липня 2004 р. № 967 «Державна програма розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 р.» [20] та в Постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної програми розвитку внутрішнього виробництва» від 12 вересня 2011 р. № 1130 [21]. Ці постанови, серед іншого, як на важливий елемент розвитку промисловості вказують на необхідність відтворення малотоннажного сектору.

Наявність small-scale підприємств виступає складовим елементом етапу постіндустріального розвитку, на якому знаходиться більшість сучасних країн й Україна в тому числі. Вона має значний потенціал до подальшого зростання їх кількості надалі [22].

Сучасні small-scale виробництва є важливим елементом світової економіки, оскільки відповідають сучасним потребам всіх учасників ринку: є компактними, інноваційними, швидко переорієнтовуються під нові потреби споживачів та виробників.

Інша ситуація спостерігається для вже існуючих small-scale підприємств. На сьогодні мають місце чинні проблеми в технічному оснащенні small-scale виробництв, виокремлені в Цільовій комплексній програмі фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових речовин і матеріалів хімічного виробництва». Ця програма зазначає, що наявні в державі малотоннажні підприємства базуються на «застарілих технологіях, є енергоємними і екологічно небезпечними, що потребує невідкладного вирішення пов'язаних з цим наукових і технічних проблем» [19].

Закритична зношеність основних промислових фондів, яка існує на сьогодні в Україні – до 80 % [23], розбудова та подальший розвиток small-scale виробництва в містах України, що є осередками значного скупчення людей, підвищують кількість виникнення надзвичайних ситуацій місцевого та регіонального рівня, пов'язаних з порушеннями технічного обладнання й з причин поступового накопичування наслідків об'єктових надзвичайних ситуацій та не класифікованих надзвичайних подій. Зношеність основних фондів та аварійний стан мереж комунального господарства визначаються як проблемні питання також в Аналітичному огляді стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік [24].

Виток та накопичення хімічно-небезпечних речовин, що є характерними для стадії чи етапу процесу виробництва, на якому мали місце порушення технологічних процесів чи аварія, може відбуватись в ґрунт, у водні об'єкти. Значне потрапляння хімічно-небезпечних речовин в навколишнє середовище

погіршує стан води, ґрунтового покриву, атмосферного повітря, здоров'я людей та інших живих істот [25].

Це також може призвести до перевищення гранично допустимих концентрацій хімічно-небезпечних речовин. В умовах великих підприємств питання попередження та ліквідації таких надзвичайних подій та надзвичайних ситуацій об'єктового рівня покладається на відповідні служби в межах самого підприємства. Вони мають розроблені заходи контролю та реагування на ці ситуації та запобігання переростання їх в більш масштабні надзвичайні ситуації.

В умовах small-scale виробництв штат підприємства зазвичай не передбачає створення додаткових структур з цією метою. Відповідно, підприємство не має дієвих методів запобігання надзвичайним ситуаціям, пов'язаним, зокрема, з порушенням технологічних процесів та накопиченням хімічно-небезпечних речовин ставить під загрозу діяльність самого виробництва, життя та здоров'я оточуючого персоналу й населення, стан прилеглої території.

У відповідності до Кодексу цивільного захисту [6] визначення хімічно-небезпечних речовин повинні виконуватись місцевими підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій, але їх технічні можливості [13, 26] дозволяють здійснювати це шляхом застосування тільки органолептичних методів. В той же час ці методи далеко не завжди є об'єктивними. Об'єктивними є інструментальні методи [27, 28], які потребують застосування складного, і, як правило, стаціонарного обладнання, часто високої вартості. Такі методи використовуються співробітниками санітарно-епідеміологічної служби, але в цьому випадку процес ідентифікації забруднення, зокрема, води чи ґрунту, здійснюється за фактом виникнення надзвичайної ситуації.

Окремим питанням стоїть питання обізнаності фахівців ДСНС України в особливостях проведення необхідних досліджень, які часто потребують

спеціальних знань та навичок, що в свою чергу, забезпечує достовірність отриманих даних.

Так, в [29] зазначається, що в цьому випадку залучені фахівці ДСНС України потребують чіткого розуміння, що в навколишньому середовищі має місце перевищення ГДК хімічно-небезпечної речовини або їх сукупності.

Зазвичай, встановити факт зміни стану навколишнього природного середовища можна лише в лабораторних умовах протягом певного часу, оскільки часто безпосередньо обладнання чи сама методика не пристосовані до використання в польових умовах. Тоді як для попередження надзвичайної ситуації або її ліквідації з мінімізацією наслідків необхідні заходи повинні вживатись якомога швидше.

Важливим є в цих умовах своєчасне реагування на зміни стану навколишнього середовища для попередження розвитку надзвичайної ситуації, її ідентифікація з метою подальшої локалізації та ліквідації [30].

Таким чином, ефективному процесу організаційних питань запобігання надзвичайних ситуацій в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій заважає відсутність на сьогодні у сучасному національному законодавстві чітко визначених повноважень усіх суб'єктів моніторингу в системі цивільного захисту України.

3.2. Характеристики надзвичайних ситуацій техногенного характеру і особливості управління ними на об'єкті критичної інфраструктури.

Забезпечення екологічної безпеки та захист навколишнього природного середовища від надзвичайних ситуацій віднесені до напрямків державної політики у сферах національної безпеки і оборони та регламентовані Законом України «Про Національну безпеку України» [31]. Своєчасне реагування на можливі надзвичайні ситуації, пов'язані як з загрозою життю й здоров'ю громадян, та й довкіллю має при цьому важливу роль

Серед загроз національній безпеці, що зазначені в рішенні Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року «Про Стратегію національної безпеки України», є незадовільний стан єдиної державної системи та сил цивільного захисту, системи моніторингу довкілля та надмірний антропогенний вплив і високий рівень техногенного навантаження на територію України [32].

Особливе місце серед загроз екологічній безпеці України посідає проблема небезпек природно-техногенної сфери. Як і в попередньому випадку, має місце низка протиріч.

Так, згідно з Кодексом цивільного захисту України запобігання надзвичайним ситуаціям природного та техногенного характеру та своєчасне реагування на них є основною складовою функціонування єдиної системи цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій [6].

Водночас, Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» [12] регулюються питання забезпечення екологічної безпеки, запобігання та ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище. Але цей Закон не містить запобіжних заходів щодо погіршення екологічної ситуації та виникнення погрозової ситуації для здоров'я людей, які також забезпечують техногенну, природну та пожежну безпеки [33].

Мінливість законодавчої бази є додатковим ускладнюючим чинником.

Так, ДСНС України виступає суб'єктом моніторингу складових довкілля, часто за умов виникнення надзвичайної ситуації. Але при цьому відзначається, що безпосередньо дослідження стану довкілля покладено на інших суб'єктів системи моніторингу довкілля, діюча система моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій відсутня, а сам він здійснюється іншими галузевими та міжгалузевими системами моніторингу [34] з використанням їх пунктів спостережень. На сьогодні й досі не вирішено питання створення єдиного центру моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій [24].

Сучасна імплементація європейського законодавства та його гармонізація із чинним національним законодавством також вносить деякі складнощі його трактування. Так, в документах Міндовкілля прописана необхідність здійснення моніторингу вод, ґрунтів, повітря. Але при цьому часто відсутній механізм взаємодії окремих суб'єктів моніторингу між собою, до яких відноситься в тому числі й ДСНС України. Так, з січня 2019 р. в Україні діє «Порядок здійснення державного моніторингу вод» [35], за яким організація державного моніторингу вод покладається на Міндовкілля. Він наголошує на необхідності інформаційної взаємодії та обміну даними та результатами між суб'єктами моніторингу.

Згідно з «Порядком...» [35] безпосередньо на ДСНС України покладається моніторинг значної кількості показників якості масивів підземних та поверхневих вод, можна відзначити як один з шляхів інтеграції нашої держави у світове співтовариство, оскільки він відображає європейські підходи щодо моніторингу вод.

Відповідно до цього Порядку [35] підрозділи ДСНС України, як й інші суб'єкти державного моніторингу вод, повинні здійснювати моніторинг низки біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників.

Слід відмітити, що на ДСНС України покладається моніторинг значної кількості показників. Наприклад, в межах діагностичного моніторингу річок, озер, перехідних вод представники ДСНС України повинні здійснювати моніторинг таких біологічних показників як кількість видів та родин фітопланктону, мікрофітобентосу, судинних рослин; кількість видів, біомасу, чисельність донних макробезхребетних; кількість видів, розмірно-вікову та статеву структуру популяцій риб тощо не менше, ніж раз на рік. Серед хімічних та фізико-хімічних показників слід відмітити необхідність щомісячного визначення температури, електропровідності, біологічного та хімічного споживання кисню, мінералізації, вмісту різних форм нітрогену та фосфору. Як гідроморфологічні параметри, визначення яких покладається на ДСНС України, можна зазначити витрати води та їх динаміку, зв'язок з

підземними водами, глибину річки та варіативність ширини, структуру русла річки та донні відклади тощо. За ними спостереження повинні проводитись від одного разу на три місяці до одного разу на шість років.

Для операційного моніторингу поверхневих вод має місце подібна ситуація. Результати цього моніторингу можуть використовуватись для прогнозування та попередження розвитку надзвичайних ситуацій, пов'язаних з погіршенням якості води. Але вартість проведення такого моніторингу може бути значною, а його фіксовані терміни – не відповідати термінам виникнення або розвитку можливої надзвичайної ситуації [16].

Відповідно до цього «Порядку...» [35] підрозділи ДСНС України можуть як суб'єкти моніторингу здійснювати також дослідницький моніторинг, в тому числі й «з'ясування масштабу та наслідків аварійного забруднення вод».

Враховуючи, що кількість водних об'єктів в нашій державі нараховує більше ста тисяч одиниць, та необхідність виконання умов «Порядку...» [35], має місце дуже значний дефіцит кваліфікованих людських та матеріальних ресурсів.

Даний «Порядок...» [35] не наводить роз'яснень щодо особливостей здійснення моніторингу вод фахівцями ДСНС України, потреби та облаштування пунктів спостережень, методик проведення досліджень тощо, а його фінансування може здійснюватися з різних джерел «за рахунок коштів державного, місцевих бюджетів, а також інших джерел, не заборонених законодавством». Тобто, не є зрозумілим, на кого покладено обов'язки матеріально-технічного забезпечення фахівців ДСНС України для забезпечення цього моніторингу, та як здійснювати їх додаткову спеціальну підготовку (навчання) з цих питань.

Слід відмітити, що згідно Кодексу цивільного захисту [6], ліквідація надзвичайних ситуацій в Україні покладена на аварійно-рятувальні підрозділи в структурі ДСНС України [13]. В свою чергу, оперативність прийняття обґрунтованих рішень щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації

залежить від своєчасності надання інформації про стан довкілля від суб'єктів моніторингу навколишнього природного середовища [36]. Здійснення моніторингу вод за всіма зазначеними показниками в межах дослідницького моніторингу, потребує значного часу та не є експресним та простим.

Таким чином, ефективному процесу організаційних питань запобігання надзвичайних ситуацій в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій заважає відсутність на сьогодні у сучасному національному законодавстві чітко визначених повноважень усіх суб'єктів моніторингу в системі цивільного захисту України. При цьому процес управління надзвичайними ситуаціями на об'єкті критичної інфраструктури в Україні характеризується відсутністю дієвих методів попередження надзвичайних ситуацій і як наслідок існує потреба у єдиній системі моніторингу попередження надзвичайних ситуацій, яка б задовольняла вимогам Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Її прикладний аспект потребує швидких, недорогих та інформативних підходів до попередження та ідентифікації надзвичайних ситуацій на small-scale виробництвах.

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

3.3.1. Технічні параметри процесу формування, передачі, обробки інформаційних повідомлень та необхідна умова досягнення ефективності застосування організаційно-технічних методів

Запропоновано наступну схему реалізації процесу формування, передачі та обробки інформаційних повідомлень стосовно поширення наслідків НС медико-біологічного (МБ) характеру, в тому числі й на територіях України, що зазнали впливу військових дій [37].

У вигляді представленому на рис. 3.1 для організаційно-технічного методу скорочення наслідків НС МБ характеру місцевого рівня поширення небезпеки.

У вигляді представленому на рис. 3.2 для організаційно-технічного методу скорочення наслідків НС МБ характеру регіонального рівня поширення небезпеки.

На рис. 3.1 – 3.2 використані наступні позначення $I_1 \dots I_k$, I_{kk} - ідентифікатори джерела небезпеки МБ характеру, які реалізовано у вигляді клієнтських додатків на базі технології Android; S_M та S_R - сервери місцевого та регіонального рівня з обробки інформаційних повідомлень; МБ – територія поширення небезпеки медико-біологічного характеру (або знаходження джерела МБ ураження); Е – заклад медико-біологічного контролю стану території та лабораторного підтвердження характеристик джерела ураження; М – заклад (заклади) МОЗ України, які знаходяться в зоні поширення негативних наслідків НС МБ характеру; О – заклад (заклади) МОН України, у разі відвідування останніх джерелами або ідентифікаторами (вторинними джерелами) МБ небезпеки; К – інші заклади з масовим перебуванням людей, які відвідувалися джерелами МБ небезпеки протягом інкубаційного періоду;

Inter – забір інформації з соціальних мереж (альтернативні інформаційні джерела).

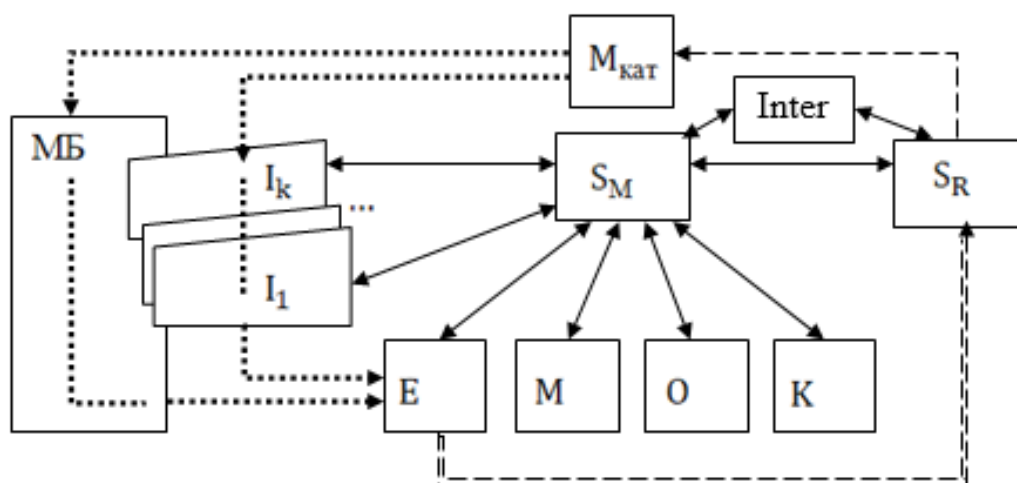


Рис. 3.1. Структура процесу формування, передачі та обробки інформаційних повідомлень стосовно поширення наслідків НС МБ характеру місцевого рівня поширення небезпеки при проведенні експериментальних досліджень.

Також на рис. 3.1 - 3.2 позначено наступне: цільні лінії – напрями інформаційних повідомлень, які формують інформаційно-комунікативний процес стосовно поширення негативних наслідків НС МБ характеру на рис. 3.1 - місцевого рівня поширення небезпеки, на рис. 3.2 – регіонального рівня поширення небезпеки; пунктирні лінії – напрями інформаційних повідомлень, направлені на локалізацію негативних наслідків НС МБ характеру; точкові лінії – напрями проведення організаційних заходів з локалізації джерел та ідентифікаторів (вторинних джерел) МБ небезпеки.

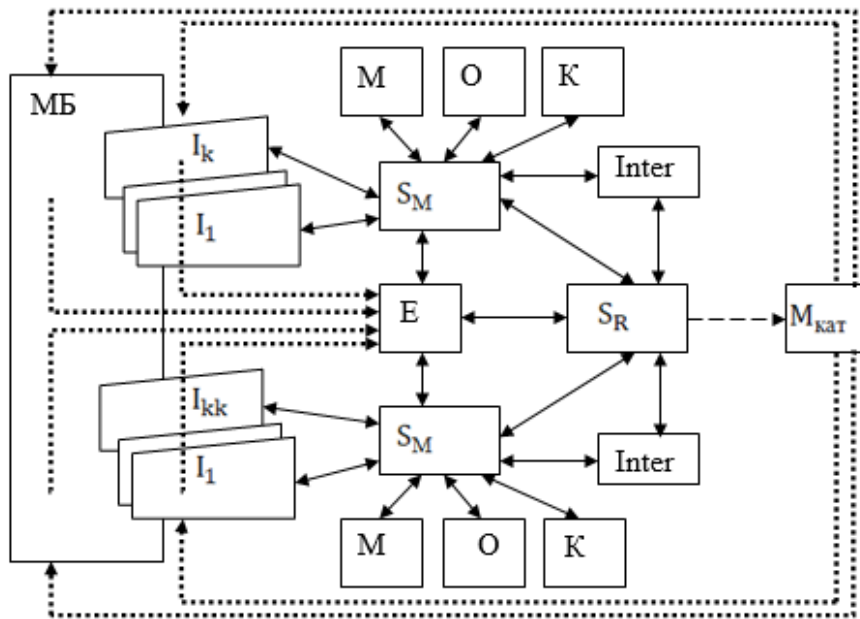


Рис. 3.2. Структура процесу формування, передачі та обробки інформаційних повідомлень стосовно поширення наслідків НС МБ характеру регіонального рівня поширення небезпеки при проведенні експериментальних досліджень.

Для досягнення ефективності застосування організаційно-технічних методів скорочення негативних наслідків необхідною умовою щодо виконання рівняння (3.1)

$$T_{u\theta} < T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}. \quad (3.1)$$

за яким загальний час ($T_{u\theta}$) проведення організаційно-технічних заходів із скорочення наслідків НС МБ характеру повинен бути менший за величину часу інкубаційного періоду $T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}$ прояву небезпеки МБ у первинного ідентифікатора джерела небезпеки з урахуванням його перетворення у подібне джерело небезпеки, є дотримання виконання нерівності (3.2), а саме: сумарний час передачі інформаційних повідомлень та запитів, який визначається технічними можливостями та архітектурою інтерактивного комплексу «клієнт-сервер-сервер», повинен бути набагато меншим, за час виконання організаційних заходів.

$$\sum_{j=1}^{n_{\text{гг}}} T_{u\theta j}^O \gg \sum_{i=1}^{m_{\text{гг}}} T_{u\theta i}^T \quad (3.2)$$

Вважаючи складність визначення сумарного часу передачі інформаційних повідомлень, при достатньо великій кількості клієнтських додатків, умову (3.2) можна трансформувати в наступну умову, а саме - максимальний час затримки мережевих інформаційних повідомлень $\max \Delta^T \{T_{u\theta i}^T\}$ при їх передачі у напрямку «клієнт-сервер-сервер» повинен знаходитися у межах інтервалу, що визначається величиною:

$$\Delta_{[G]} - \partial < \max \Delta^T \{T_{u\theta i}^T\} < \Delta_{[G]} + \partial, \quad (3.3)$$

де $\Delta_{[G]}$ - середня затримка мережевих інформаційних повідомлень, яка залежить від швидкості v_{Inter} передачі повідомлень в мережі Інтернет або (та) інтерактивної телефонії, та максимальним числом мережевих повідомлень $N_{\text{Inter}}^{\text{г}}$ які надходять до концентратора колективного доступу мережі та визначається архітектурою організації інтерактивного комплексу; ∂ - межа допустимих відхилень за умови підпорядкування затримок $\max \Delta^T \{T_{u\theta i}^T\}$ інформаційних мережевих повідомлень нормальному закону розподілу.

Застосування організаційно-технічних методів скорочення негативних наслідків НС МБ характеру можливо за умови забезпечення 100% Інтернет - покриття на території розповсюдження МБ небезпеки. Ця умова може виконуватися зрізним рівнем якості, що у кінцевому рахунку визначається різними швидкостями передачі повідомлень v_{Inter} . Аналіз сталих технічних можливостей по регіону проведення експериментальних досліджень дозволив визначити максимальний та мінімальний рівень швидкості передачі повідомлень як: $\max v_{\text{Inter}} = 100 \text{ Мбіт/с}$, $\min v_{\text{Inter}} = 10 \text{ Мбіт/с}$.

З урахуванням даних, наведених у стандартах, що визначають загальні вимоги до якісних параметрів зв'язку у мережевих системах запропонованої конфігурації маємо наступний очікуваний рівень технічних параметрів наведений у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Очікуваний рівень технічних параметрів запропонованої структури процесу формування, передачі та обробки інформаційних повідомлень стосовно поширення наслідків НС МБ характеру

Швидкість в мережі v_{Inter} (Мбіт/с)	Кількість мережевих повідомлень N_{Inter}^g	Час середньої затримки мережевих повідомлень $\Delta_{[G]}$ (мсек.)	Межа допустимих відхилень δ (мсек.)
10	10	0,41	0,78
10	20	1,43	4,8
10	30	2,94	9,75
10	38	4,07	12,36
10	50	5,77	17,34
10	60	7,14	22,5
10	74	9,37	25,92
100	10	0,03	0,01
100	20	0,03	0,08
100	30	0,04	0,14
100	38	0,05	0,24
100	50	0,08	0,44
100	60	0,15	0,9
100	74	0,24	1,5
100	90	0,4	2,35

Експериментальне підтвердження технічних можливостей інтерактивного комплексу дозволяє стверджувати про виконання необхідних

умов ефективного застосування організаційно-технічних методів скорочення негативних наслідків НС МБ характеру різного рівня поширення.

3.3.2. Організаційні параметри процесу формування, передачі, обробки інформаційних повідомлень та достатня умова забезпечення ефективності організаційно-технічних методів

Умовно низку організаційних заходів можна поділити на заходи області обмежень $\Psi_{\text{обмежень}}$ та заходи варіаційної області $\Psi_{\text{варіацій}}$ рис. 3.3 [37].

Принциповим з погляду застосування організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру є суттєва обмеженість впливу на заходи $\Psi_{\text{обмежень}}$ області, які формують наступні часові інтервали:

$t_{\text{Мкат}1}$ - час госпіталізації джерела МБ небезпеки, яке виявлено під час організаційно-технічних заходів первинної ідентифікації;

$t_{\text{Лаб}1}$ - час лабораторного підтвердження ступеня небезпеки джерела МБ небезпеки;

$t_{\text{Мкат}2}$ - час госпіталізації первинного ідентифікатора джерела МБ небезпеки;

$t_{\text{Лаб}2}$ - час лабораторного підтвердження ступеня ураженості первинного ідентифікатора джерела МБ небезпеки;

$T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}$ - час інкубаційного періоду для прогнозуємої небезпеки МБ характеру. Останній залежить від індивідуальних особливостей імунної системи первинного ідентифікатора джерела МБ небезпеки.

Для підтвердження достовірності організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру ми приймаємо $T_{\text{МБ}}^{\text{latent}} = \min (T_{\text{МБ}}^{\text{latent}})$, що для найбільш небезпечних МБ інфекцій співпадає з часом фатального перебігу захворювання.

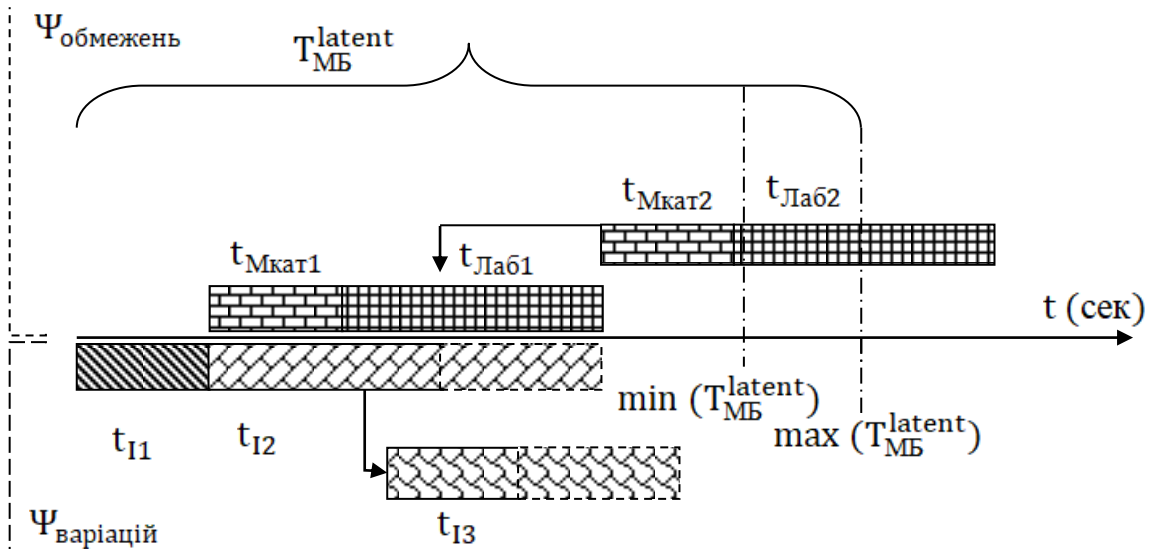


Рис. 3.3. Часові проміжки сукупністю організаційних заходів із скорочення наслідків НС МБ характеру.

Слід зауважити, що першочерговими організаційними обмеженнями є заходи які впливають на $t_{\text{Мкат}1}$, $t_{\text{Ла}61}$, $t_{\text{Мкат}2}$ та безпосередньо час $T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}$. Заходи впливу на $t_{\text{Ла}62}$ формують обмеження на час формування бази вторинних джерел МБ небезпеки та мають значно меншу часову гостроту і у разі виконання умови (3.1), можна вважати, суттєво не впливають на перебіг експериментальних досліджень.

Область $\Psi_{\text{варіацій}}$ варіаційних заходів, з погляду застосування організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру налічує наступні часові проміжки:

t_{I1} - час первинної ідентифікації джерела МБ небезпеки, який у свою чергу складається з :

$$t_{I1} = t'_{I1} + t_{I1}^{K1} + t_{I1}^{K2} + (t_{ISm}^{K1} + t_{Sml}^{K1}) + t_{ISm}^{K2}, \quad (3.4)$$

де t'_{I1} - час перебування первинного ідентифікатора в зоні контакту з джерелом МБ небезпеки до застосування «клієнт - серверної» системи інтерактивної ідентифікації МБ небезпеки; t_{I1}^{K1}, t_{I1}^{K2} - час роботи з мобільними клієнтським

додатками з візуальної та клінічної ідентифікації джерела МБ небезпеки відповідно; t_{ISm}^{K1} , t_{SmI}^{K1} , t_{ISm}^{K2} - час налагодження зв'язку в системі «клієнт-сервер» для наступної передачі повідомлень. Час t_{SmI}^{K1} , t_{ISm}^{K2} може дорівнювати 0, якщо з населенням проведені попередні заходи з роз'яснення функціональних можливостей мобільних клієнтських додатків інтерактивного комплексу із скорочення наслідків НС МБ характеру.

t_{I2} - час локалізації поширення небезпеки МБ характеру, який у свою чергу складається:

$$t_{I2} = (t_{SmO}^{I2} + t_{OSm}^{I2}) + (t_{SmM}^{I2} + t_{MSm}^{I2}) + (t_{SmE}^{I2} + t_{ESm}^{I2}) + (t_{SmK}^{I2} + t_{KSm}^{I2}) + t_{Inter}^{I2} + 2t_{SmSr}^{I2} + t_{SrSm}^{I2} \quad (3.5)$$

Зазначені в дужках складові щодо визначення загального часу локалізації небезпеки поширення МБ характеру приймають наступний вигляд.

1) Для суми часу із забезпечення необхідного рівня K_u , K_θ інформаційних повідомлень в частині закладів освіти $(t_{SmO}^{I2} + t_{OSm}^{I2})$:

$$(t_{SmO}^{I2} + t_{OSm}^{I2}) = \sum_i^{nO} K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmO} * \alpha_{1i}^{SmO} * (t_{SmO}^{I2op} + t_{SmO}^{I2zv} + t_{OSm}^{I2op} + t_{OSm}^{I2zv}), \quad (3.6)$$

де nO – кількість закладів освіти з потенційно можливим контактом з джерелом небезпеки МБ характеру; α_{1i}^{SmO} – безрозмірний коефіцієнт неузгодженості функціональних можливостей операторів з обробки та формування інформаційних повідомлень з боку серверу (Sm) та з боку i закладу освіти, який з погляду досліджень [38] знаходиться в діапазоні $[0,7-1]$; t_{SmO}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (Sm); t_{OSm}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (O); t_{SmO}^{I2zv} та t_{OSm}^{I2zv} - час налагодження зв'язку в системі «клієнт-сервер» для наступної передачі повідомлень; $K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmO}$ –

коефіцієнт кількості циклів застосування процедур інформаційного спілкування в системі (Sm - O) для досягнення необхідного рівня параметрів K_u , K_θ , інформаційних повідомлень.

2) Для суми часу із забезпечення необхідного рівня K_u , K_θ інформаційних повідомлень в частині закладів МОЗ України ($t_{SmM}^{I2} + t_{MSm}^{I2}$):

$$(t_{SmM}^{I2} + t_{MSm}^{I2}) = \sum_i^{nM} K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmM} * \alpha_{1i}^{SmM} * (t_{SmM}^{I2op} + t_{SmM}^{I2zv} + t_{MSm}^{I2op} + t_{MSm}^{I2zv}), \quad (3.7)$$

де nM – кількість закладів МОЗ України, які потенційно підтверджують можливість виникнення джерела небезпеки МБ характеру; α_{1i}^{SmM} – безрозмірний коефіцієнт узгодженості функціональних можливостей операторів з обробки та формування інформаційних повідомлень з боку серверу (Sm) та з боку i закладу МОЗ України, який з погляду досліджень [38] знаходиться в діапазоні [0,7-1]; t_{SmM}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (Sm); t_{MSm}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (M); t_{SmM}^{I2zv} та t_{MSm}^{I2zv} - час налагодження зв'язку в системі «клієнт-сервер» для наступної передачі повідомлень. $K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmM}$ – коефіцієнт кількості циклів застосування процедур інформаційного спілкування в системі (Sm - M) для досягнення необхідного рівня параметрів K_u , K_θ , інформаційних повідомлень.

3) Для суми часу із забезпечення необхідного рівня K_u , K_θ інформаційних повідомлень в частині закладів епідемічного контролю ($t_{SmE}^{I2} + t_{ESm}^{I2}$):

$$(t_{SmE}^{I2} + t_{ESm}^{I2}) = \sum_i^{nE} K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmE} * \alpha_{1i}^{SmE} * (t_{SmE}^{I2op} + t_{SmE}^{I2zv} + t_{ESm}^{I2op} + t_{ESm}^{I2zv}), \quad (3.8)$$

де nE – закладів епідемічного контролю, які потенційно підтверджують можливість виникнення джерела небезпеки МБ характеру; α_{1i}^{SmE} – безрозмірний коефіцієнт узгодженості функціональних можливостей операторів з обробки та формування інформаційних повідомлень з боку

серверу (Sm) та з боку *i* закладу епідемічного контролю, який з погляду досліджень [38] знаходиться в діапазоні [0,7-1]; t_{SmE}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (Sm); t_{ESm}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (E); t_{SmE}^{I2zv} та t_{ESm}^{I2zv} - час налагодження зв'язку в системі «клієнт-сервер» для наступної передачі повідомлень. $K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmE}$ – коефіцієнт кількості циклів застосування процедур інформаційного спілкування в системі (Sm - E) для досягнення необхідного рівня параметрів K_u , K_θ , інформаційних повідомлень;

- для суми часу із забезпечення необхідного рівня K_u , K_θ інформаційних повідомлень в частині закладів з масовим перебуванням людей, які відвідувалися джерелом МБ небезпеки протягом інкубаційного періоду ($t_{SmK}^{I2} + t_{KSm}^{I2}$):

$$(t_{SmK}^{I2} + t_{KSm}^{I2}) = \sum_i^{nK} K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmK} * \alpha_{1i}^{SmK} * (t_{SmK}^{I2op} + t_{SmK}^{I2zv} + t_{KSm}^{I2op} + t_{KSm}^{I2zv}), \quad (3.9)$$

де nK – кількість закладів з масовим перебуванням людей, які відвідувалися джерелом МБ небезпеки протягом інкубаційного періоду; α_{1i}^{SmK} – безрозмірний коефіцієнт неузгодженості функціональних можливостей операторів з обробки та формування інформаційних повідомлень з боку серверу (Sm) та з боку *i* закладу з масовим перебуванням людей, який з погляду досліджень [38] знаходиться в діапазоні [0,7-1]; t_{SmK}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (Sm); t_{KSm}^{I2op} - час формування повідомлення оператором (K); t_{SmK}^{I2zv} та t_{KSm}^{I2zv} - час налагодження зв'язку в системі «клієнт-сервер» для наступної передачі повідомлень. $K_{K_u K_\theta}^{\alpha SmK}$ – коефіцієнт кількості циклів застосування процедур інформаційного спілкування в системі (Sm - E) для досягнення необхідного рівня параметрів K_u , K_θ , інформаційних повідомлень; t_{Inter}^{I2} – час обробки інформації з Internet

джерел (альтернативні джерела у вигляді соціальних мереж тощо); $2t_{SmSr}^{I2}$ - час формування первинного та уточнюючого повідомлення оператором (Sm) у напрямку серверу керівника ліквідації наслідків НС МБ характеру (Sr); - t_{SrSm}^{I2} - час формування уточнюючого запиту з боку керівника ліквідації наслідків НС МБ характеру у напрямку серверу місцевого рівня (Sm).

Вплив процесу визначення норм часу t_{I3} - формування бази вторинних джерел та їх контролю, за умов виконання нерівності (3.1) несуттєвий, яким у разі організації та проведення ідеалізованого експерименту можна знехтувати.

Виходячи з вище наведеного, отримані наступні розрахункові показники часових проміжків виконання організаційних заходів із скорочення наслідків НС МБ характеру (табл. 3.2 та табл. 3.3).

Аналіз ефективності застосування організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру в частині покращення корисності інформаційних повідомлень K_{θ} згідно [39] носить переважно суб'єктивний характер. Виключенням можна вважати застосування рішення окремої задачі KTT^M та KTT^R щодо функціональної готовності оператора (i та j) в умовах поширення наслідків НС МБ характеру протягом фіксованого часу робочого циклу t^r де в ході проведення натурних експериментів є можливість отримати об'єктивну оцінку у вигляді варіації часових проміжків роботи операторів (Sm) та (Sr) рівнів: t_{SmO}^{I2op} , t_{SmM}^{I2op} , t_{SmE}^{I2op} , t_{SmK}^{I2op} ; t_{Inter}^{I2} , t_{SmSr}^{I2} , t_{SrSm}^{I2} для двох схем функціональної готовності операторів сталої (рис. 3.4) та покращеної за допомоги рішень окремих задач KTT^M та KTT^R (рис. 3.5).

Таблиця 3.2

Розрахункові та очікувані значення часу виконання організаційних заходів із скорочення наслідків НС МБ характеру.

Організаційний захід	Розрахунковий час (сек.)	Очікуваний час (сек.)
$t_{\text{Мкар1}} = t_{\text{Мкар2}}$	≤ 2400	2400
$t_{\text{Лаб1}} = t_{\text{Лаб2}}$	(табл.3.3)	$\min (t_{\text{Лаб}})$
$T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}$	(табл. 3.3)	$\min (T_{\text{МБ}}^{\text{latent}})$
t_{I1}		1470
t'_{I1}	Не визначається	900
t_{I1}^{K1}	120-180	180
t_{I1}^{K2}	180-300	300
$t_{\text{ISm}}^{K1}, t_{\text{SmI}}^{K1}, t_{\text{ISm}}^{K2}$	18-30	30
t_{I2}	(5.6b)	3275
$t_{\text{SmO}}^{I2} + t_{\text{OSm}}^{I2}$	(5.7b)	575
t_{SmO}^{I2op}	225-290	225
t_{OSm}^{I2op}	225-290	290

Організаційний захід	Розрахунковий час (сек.)	Очікуваний час (сек.)
$t_{SmO}^{I2zv}, t_{OSm}^{I2zv}$	18-30	30
$t_{SmM}^{I2} + t_{MSm}^{I2}$	(5.7c)	575
t_{SmM}^{I2op}	225-290	225
t_{MSm}^{I2op}	225-290	290
$t_{SmM}^{I2zv}, t_{MSm}^{I2zv}$	18-30	30
$t_{SmE}^{I2} + t_{ESm}^{I2}$	(5.7d)	575
t_{SmE}^{I2op}	225-290	225
t_{ESm}^{I2op}	225-290	290
$t_{SmE}^{I2zv}, t_{ESm}^{I2zv}$	18-30	30
$t_{SmK}^{I2} + t_{KSm}^{I2}$	(5.7e)	575
t_{SmK}^{I2op}	225-290	225
t_{KSm}^{I2op}	225-290	290
$t_{SmK}^{I2zv}, t_{KSm}^{I2zv}$	18-30	30
t_{Inter}^{I2}	240-360	300
t_{SmSr}^{I2}	225-290	225
t_{SrSm}^{I2}	225-290	225

Таблиця 3.3

Визначення часу ($t_{\text{Лаб}}$) та ($T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}$) для окремих небезпек МБ характеру у відповідності до зазначеної методики та Міжнародних медико-санітарних правил

№	Назва небезпеки	Код по МКБ-10	Розрахунковий час	
			($T_{\text{МБ}}^{\text{latent}}$)	($t_{\text{Лаб}}$) (хв)
	Небезпеки, будь-яка подія за участю яких завжди оцінюється як надзвичайна		(гострий) перебіг {середній}	
1	Холера	A00; A00.0; A00.1; A00.9	(240-360 хв) {2-3 доби}	90-120
2	Чума	A20.0; A20.1; A20.2; A20.3; A20.7; A20.8; A20.9	(<1 доба) {2-3 доби}	<=120
3	Жовта лихоманка	A95; A95.0; A95.1; A95.9	(<1доба) {2-3 доби}	120 <=
4	Геморагічна лихоманка Ебола	A98.4	(1доба) {1-21 доба}	120 <=

Закінчення табл. 3.3.

	Небезпеки, які можуть мати суттєвий вплив на здоров'я населення			
5	Віспа	B03	(1-2 доби) {9-14 діб}	120 <=
6	Поліомієліт	A80; A80.0; A80.1; A80.2; A80.3; A80.4; A80.9	(5 діб) {9-12 діб}	120 <=
7	Пташиний грип	J09.0	(2-5 діб) {8-17 діб}	120 <=
8	Важкий гострий респіраторний синдром	U04.9	(2-10 діб) {7 діб}	120 <=
	Небезпеки, які мають потенційне трансграничне розповсюдження			
9	Віспа мавп	B04	{6-16 діб}	120 <=
10	Аргентинська геморагічна лихоманка	A96.0	(2-6 діб) {6-16 діб}	120 <=
11	Болівійська геморагічна лихоманка	A96.1	{7-14 діб}	120 <=

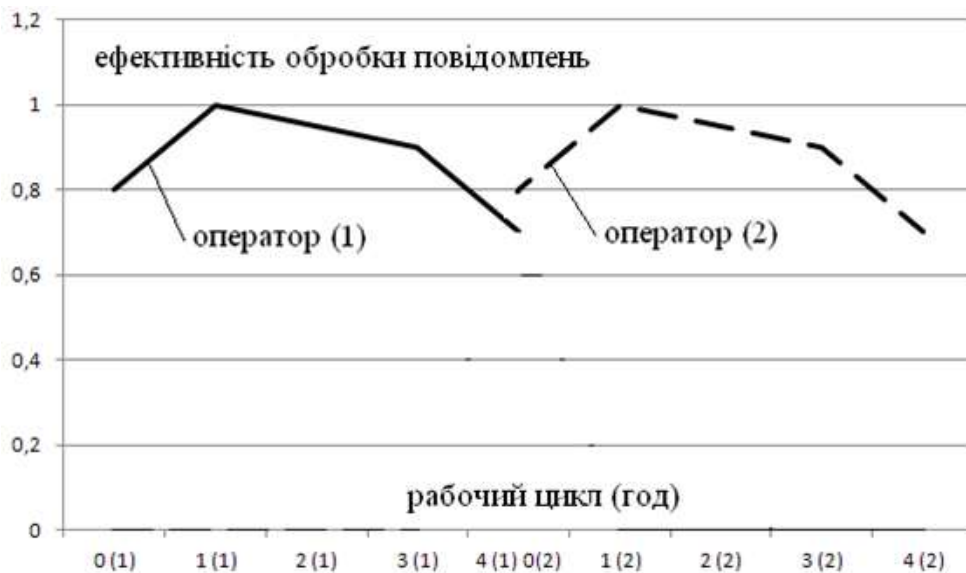


Рис. 3.4. Функціональна ефективність операторів з обробки повідомлень протягом робочого циклу (4 години) [7].

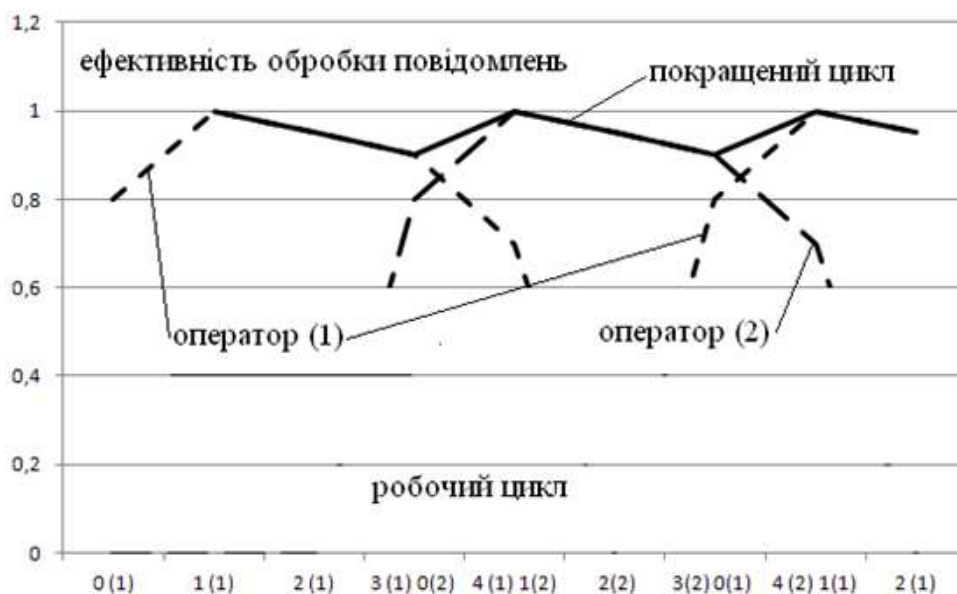


Рис. 3.5. Дані приведеної покращеної функціональної ефективності операторів з обробки повідомлень протягом робочого циклу (4 години).

Для експериментального підтвердження організаційних можливостей інтерактивного комплексу необхідно забезпечити виконання достатніх умов

ефективності застосування організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру різного рівня поширення.

Таким чином, процес формування, передачі та обробки інформації стосовно поширення наслідків НС МБ характеру по критерію досягнення ефективності застосування організаційно-технічних методів їх скорочення визначається наступними параметрами.

Необхідно - максимальний час передачі інформаційних повідомлень та запитів який визначається технічними можливостями та архітектурою інтерактивного комплексу «клієнт-сервер-сервер» повинен бути набагато меншим, за час виконання організаційних заходів.

Достатньо – сумарний час обробки інформаційних повідомлень щодо визначення ступеню небезпеки та прийняття відповідного управлінського рішення керівником з ліквідації надзвичайної ситуації, як єдина варіаційна складова з погляду на природу організаційно-технічних методів, повинна бути меншою за середній час інкубаційного (або фатального для особливо небезпечних) періоду поширення МБ небезпеки за умови відрахування часу необхідного для проведення заходів з локалізації первинного джерела, його ідентифікатору (похідного джерела) та часу лабораторного підтвердження небезпеки первинного джерела МБ характеру.

3.4. Забезпечення якості покриття і швидкості мережі Інтернет та інтерактивної телефонії в зоні поширення медико-біологічної небезпеки

Виконання складного завдання щодо забезпечення безперебійного надходження інформації про стан небезпеки джерела МБ характеру, що може знаходитись в будь якій частині країни, залежить від якості покриття та швидкості мережі Інтернет телефонії, пропонується здійснити за рахунок створення організаційної структури системи надходження інформації з урахуванням двох базових принципів. Це резервування та децентралізація

обробки інформації про стан джерел МБ небезпеки [37, 40]. В зонах, де мають місце бойові, актуальність цього питання значно зростає.

На виконання першого принципу пропонується утворити резервування технічних засобів передачі інформаційних повідомлень про динаміку поширення МБ небезпеки.

При цьому виникає можливість забезпечити резервування надходження інформації від первинних ідентифікаторів МБ небезпеки за рахунок наявної організаційної структури стільникового зв'язку рис. 3.6.

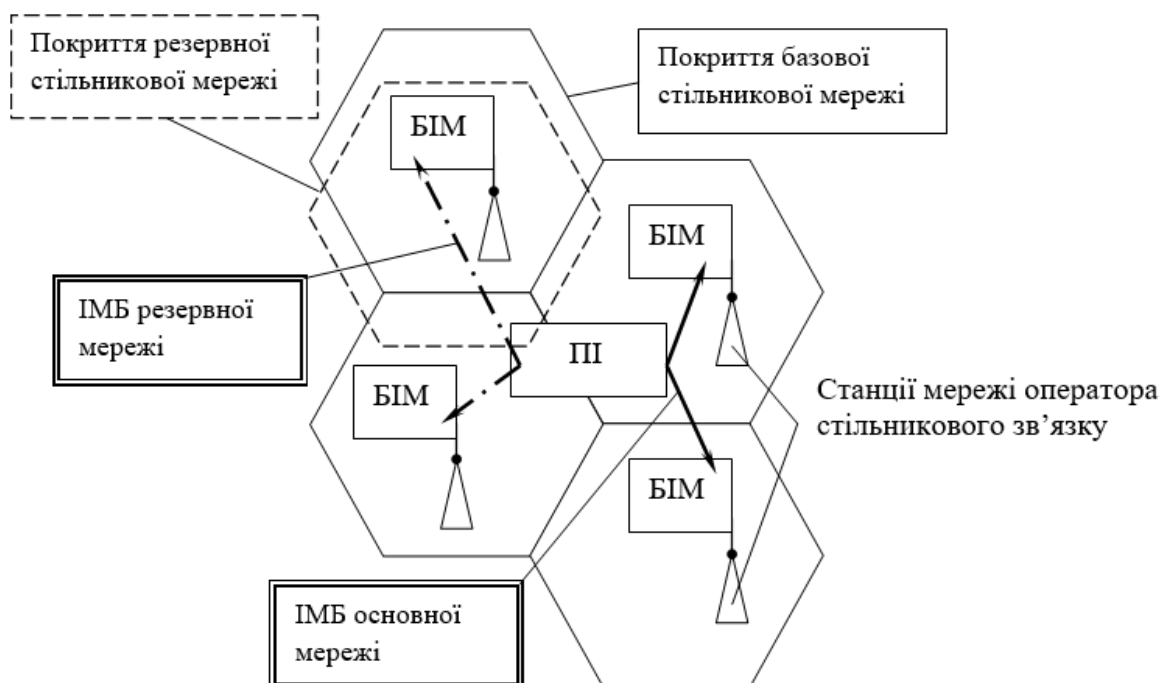


Рис. 3.6. Структура резервування інформації про джерело МБ небезпеки від первинного ідентифікатора (ІІ).

За рахунок реалізації різних схем включення базових інформаційних модулів (БІМ), що розміщуються на базі мережі стільникового зв'язку є можливість організації додаткового резервування надходження інформації про

МБ безпеку (ІМБ) як з основної стільникової мережі (принаймні створення одного резервного каналу), так і резервної (рис. 3.7).

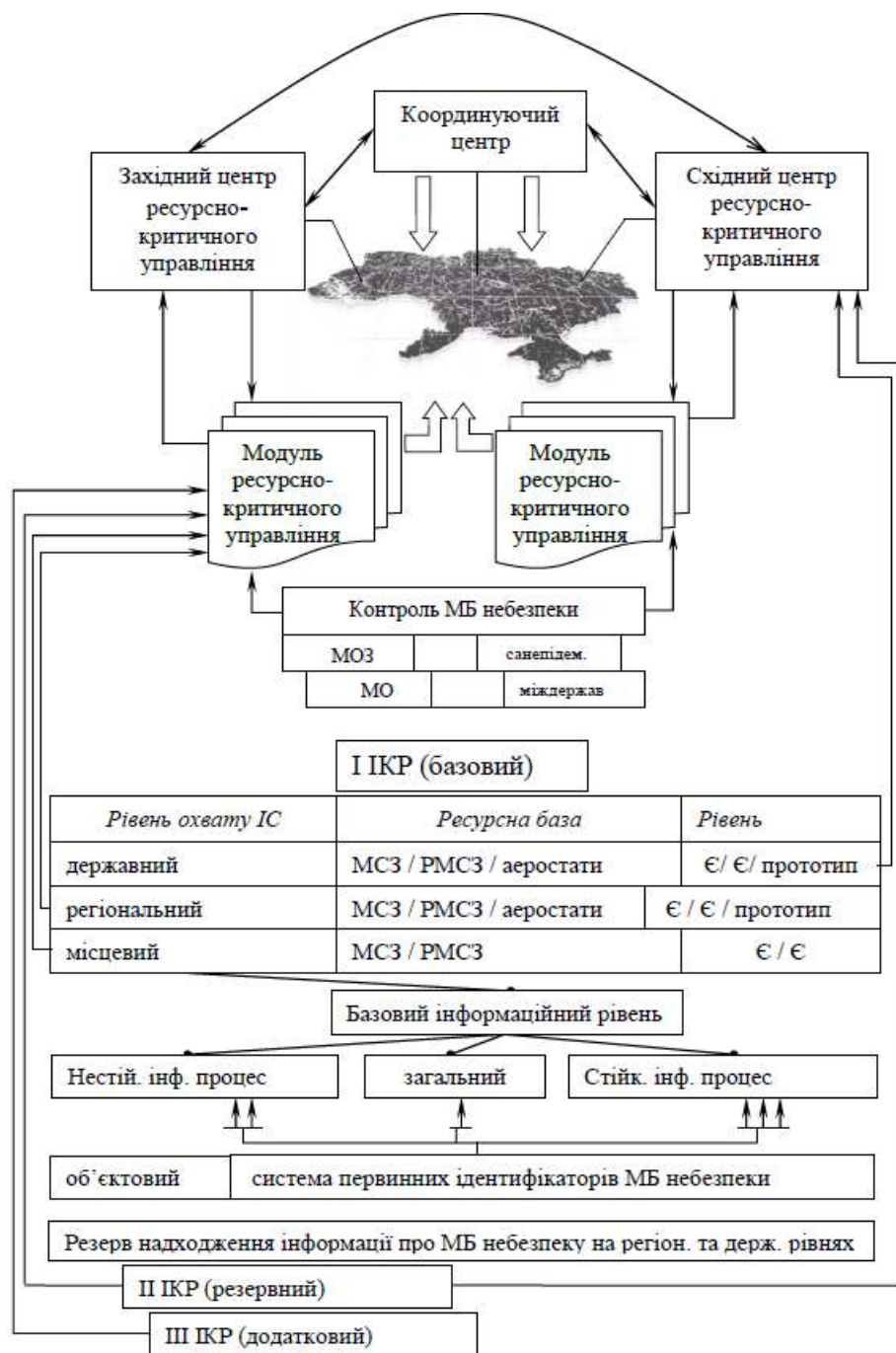


Рис. 3.7. Реалізація принципу децентралізації щодо надходження інформації про МБ безпеку.

На рис. 3.7. використані наступні скорочення: ІС – інформаційний процес в осередку поширення МБ безпеки; МСЗ – мережа стільникового зв’язку; РМСЗ – резервна мережа стільникового зв’язку; І (ІКР) інформаційно-

комунікативний (базовий); II ІКР (резервний); III ІКР (додатковий) рівень реалізації надходження інформації про динаміку виникнення джерел МБ безпеки.

Принцип децентралізації обробки інформації про джерело МБ безпеки пропонується реалізувати за рахунок створення двох центрів ресурсно-критичного управління - східний (СЦРКУ) м. Харків на базі НУЦЗУ та західний (ЗЦРКУ) м. Львів на базі ЛДУБЖД відповідно з координуючим центром (КЦ) у м. Києві на базі ДСНС України.

Відповідно до організаційної схеми, яка представлена на рис. 3.7 безпосередньо на СЦРКУ та ЗЦРКУ замикаються інформаційні повідомлення державного рівня охопту ІС. Слід зазначити, що при цьому забезпечується подвійне інформаційне перекриття території держави, а також інформаційне покриття території держав які межують з Україною, що можуть бути потенційним джерелом виникнення та розповсюдження трансграничних НС МБ характеру. До організаційної структури системи скорочення негативних наслідків НС МБ характеру державного рівня входять підсистеми збереження даних, попередньої та тематичної обробки інформації. Повідомлення для їх функціонування надходять з мережі регіонально розміщених (наприклад на матеріальній базі ГУ(У)ДСНС) модулів ресурсно-критичного управління (МРКУ).

Характерною особливістю структури організації ЦРКУ є відсутність з боку останніх прямого управлінського впливу на МРКУ та систему «клієнт-сервер» реалізовану на місцевому рівні. Натомість на ЦРКУ покладається функція інформаційної, методологічної, наукової, експертної та інноваційної підтримки функціонування системи скорочення негативних наслідків НС МБ характеру та функція підготовки та перепідготовки операторського та менеджерського складу МРКУ. Така система розподілу функцій вважається найбільш вдалою з урахуванням наявного наукового потенціалу потенційних ЦРКУ та їх можливостей щодо неупередженого (відсутність прямої участі у процесі прийняття рішень) аналізу та узагальнення як первинної, так і управлінської складової інформаційного процесу стосовно поширення

наслідків НС МБ характеру, яка надходитиме з МРКУ та КЦ, на яких покладається безпосередньо функція прийняття управлінських рішень щодо скорочення наслідків НС МБ характеру.

Пропонується утворення МРКУ на базі існуючих ГУДСНС України в регіонах тим самим застосовується вже існуюча матеріальна та інформаційно-комунікативна база. Особливістю є включення до аналізованого інформаційного процесу підстилаючих мереж моніторингу МБ небезпеки МОЗ, МО, служби епідемічного нагляду та інформаційних Інтернет каналів безпосередньо на регіональному рівні в якості окремих незалежних, як додаткових, але не базових джерел інформації, які доповнюють картину стану інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру у разі необхідності за запитом МРКУ.

Також на рівні МРКУ пропонується організувати надходження інформації про МБ небезпеку регіонального рівня поширення. На сьогодні технічною базою для реалізації відповідного каналу надходження інформації про стан небезпеки джерела МБ характеру є мережа стільникового зв'язку, в якій реалізовано принципи Інтернет телефонії рис. 3.6.

Втім на сьогодні є досить багато вдалих спроб [40] використання, в якості організації альтернативного каналу передачі необхідної інформації з обмеженими інформаційно-комунікативними характеристиками, безпілотних аеростатів середнього та малого розміру з різними технічними характеристиками.

Проведений порівняльний аналіз, який наведено в табл. 3.4, дозволяє констатувати недоцільність переважного використання однієї чи іншої альтернативи формування каналів надходження інформації про джерело МБ небезпеки регіонального рівня поширення в силу наявності суттєвих обмежень, які досить ефективно усуваються у разі комбінованого застосування обох альтернативних підходів одночасно.

Таблиця 3.4.

Порівняльний аналіз каналів передачі інформації про стан МБ небезпеки регіонального рівня поширення.

Порівняльний параметр	Стільникова Інтернет телефонія	Зв'язок реалізований на системі аеростатів
Мобільність отримання інформації	Висока	Висока
Стабільність інформаційного процесу	Нестабільна залежить від покриття	Стабільна за рахунок кількості та схеми розміщення засобів ретрансляції
Можливий охопит території регіону	Неповний. Насиченість обмежена кількістю станцій РМСЗ	Повний. Насиченість досягається за рахунок засобів моніторингу
Залежність від метеоданих регіону	Незначна	Значна в частині керування засобами ретрансляції
Можливості резервування	За рахунок подібних МСЗ	За рахунок додаткових засобів ретрансляції
Рівень світової реалізації	Реалізовано в якості системи комерційних МСЗ	Існує в якості окремих прототипів з обмеженими характеристиками
Рівень реалізації в Україні	Реалізовано в якості системи комерційних МСЗ	Існує в якості окремих прототипів з обмеженими характеристиками

В природних (метеорологічних) умовах території України застосування альтернативного підходу до передачі інформаційних повідомлень у вигляді системи трансляції розміщеної на базі аеростатів потребує деяких уточнень та інноваційних інженерних рішень (рис. 3.8).

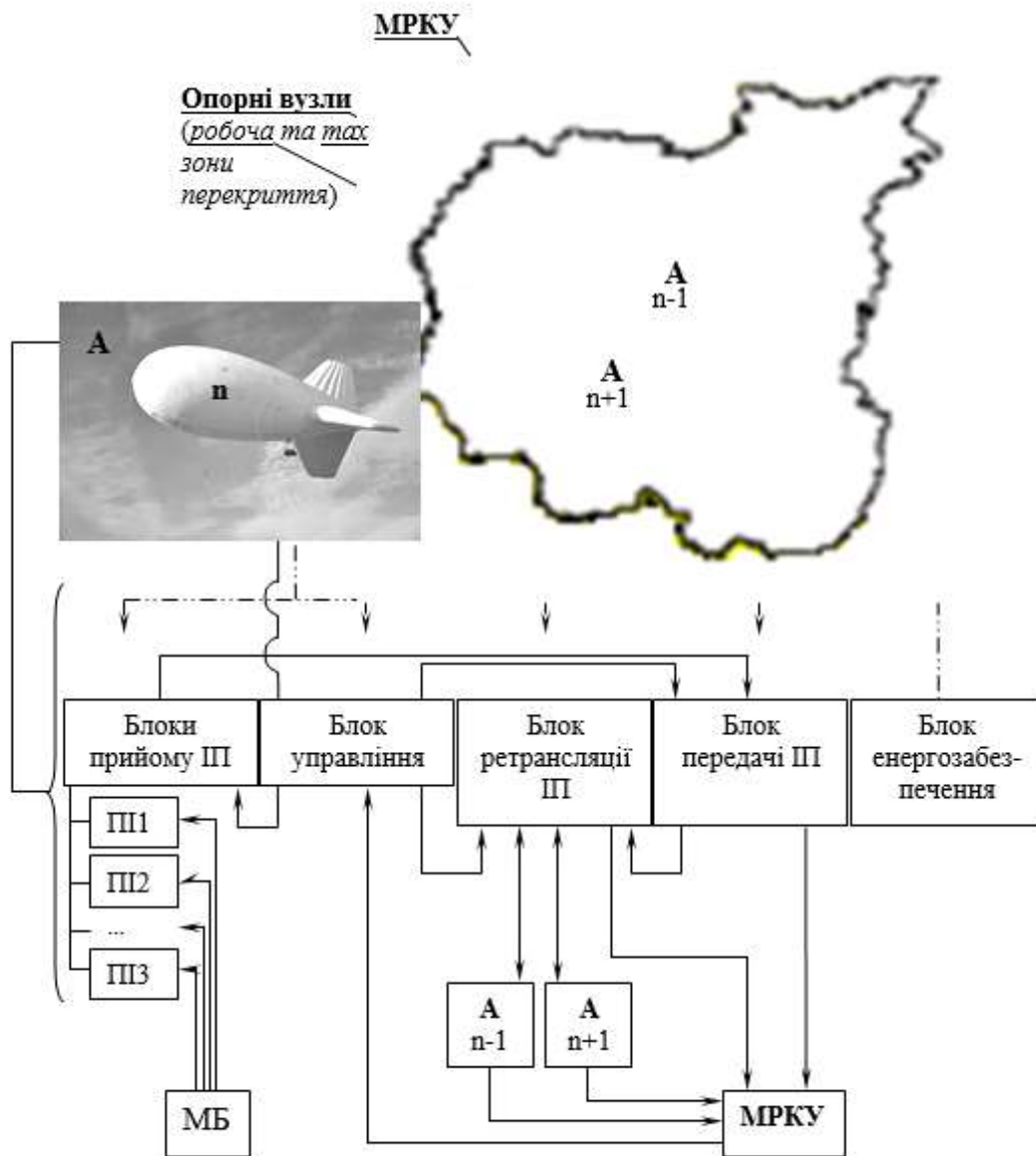


Рис. 3.8. Принцип організації резервного каналу передачі інформації на базі безпілотних аеростатів.

Ефективним, з погляду особливостей загального розміщення території України, вважається застосування не технології обльоту відповідної території, а дискретне розміщення засобів спостереження (безпілотних аеростатів) над опорними вузлами (з урахуванням кластеризації території регіону за потенційною МБ небезпекою [41]) з додатковим розміщенням на борту аеростату (A_n) блоку апаратури ретрансляції ІКП суміжних аеростатів (A_{n-1}, A_{n+1} та інших) рис. 3.8.

Фактично «стаціонарне» розміщення потребуватиме менше енергетичних витрат та дозволить досягти додаткового резервування каналів передачі інформації про небезпеку МБ характеру регіонального рівня поширення.

Розміщення блоків ретрансляції дозволяє забезпечити необхідну кількість додаткових каналів передачі інформації про МБ небезпеку, як на регіональному, так і на місцевому рівні у вигляді додаткової системи резервування та наявності у компоновці окремих БІМ блоків ретрансляції та автономного живлення (БІМ – РАЖ). Схема резервного заміщення каналів передачі інформації про небезпеку МБ характеру в цьому випадку приведена на рис. 3.9.

Окремо слід звернути увагу на питання вибору базової та резервних мереж стільникового зв'язку у якості мережі покриття БІМ зони поширення наслідків НС МБ характеру (рис. 3.10).

Основним критерієм щодо вибору базової мережі (ОБ) є максимальний територіальний охоплення держави мережею можливих носіїв БІМ (станцій стільникового зв'язку). На сьогодні в якості такої мережі можна розглядати стільникові мережі операторів Київстар, Лайф, Водафон та ін.

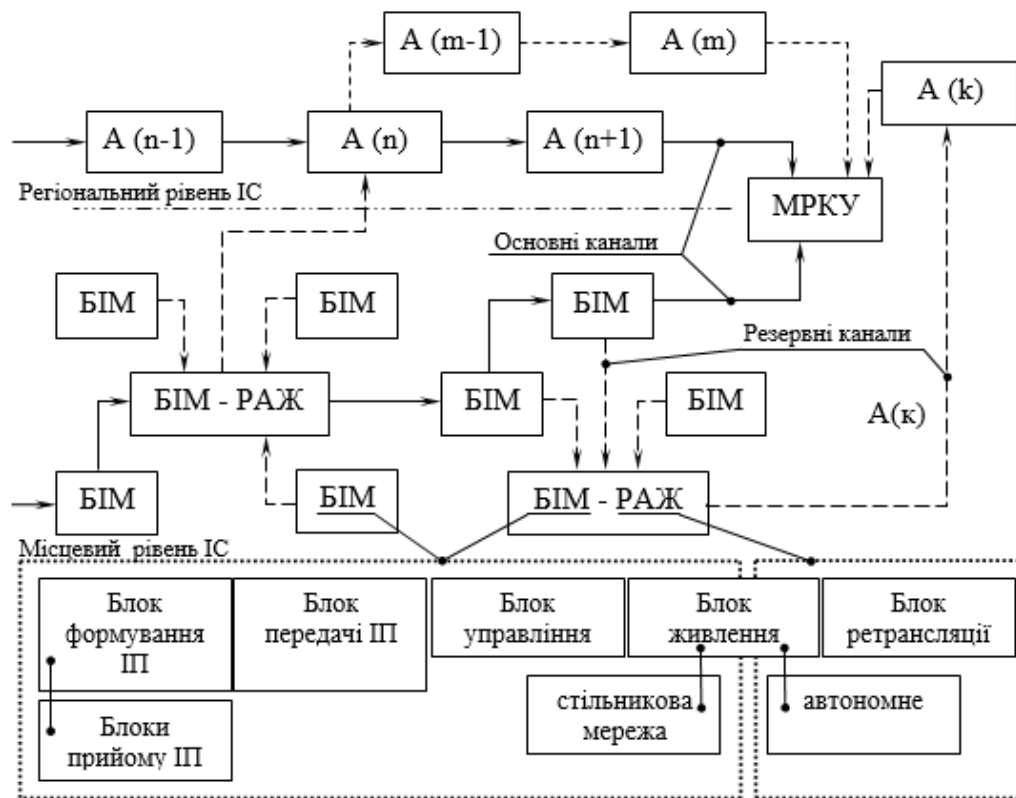


Рис. 3.9. Схема резервного заміщення каналів передачі інформації про небезпеку МБ характеру за умов використання блоків ретрансляції.

Недолік наявності окремих осередків відсутності покриття Інтернет телефонії у складних природних або антропогенних умовах.

Компенсування останнього здійснюється за рахунок альтернативної мережі на базі аеростатів або за рахунок додаткового залучення (або організації) МСЗ.

Вибір резервної мережі (ОР) носіїв БІМ повинен здійснюватися за принципом максимальної розгалуженості на відповідній території та може суттєво відрізнятись для кожного регіону. Виключенням з розгляду є мережа яка прийнята за базову в усіх без винятку регіонах на етапі організації системи місцевого рівня охопту інформаційного процесу.

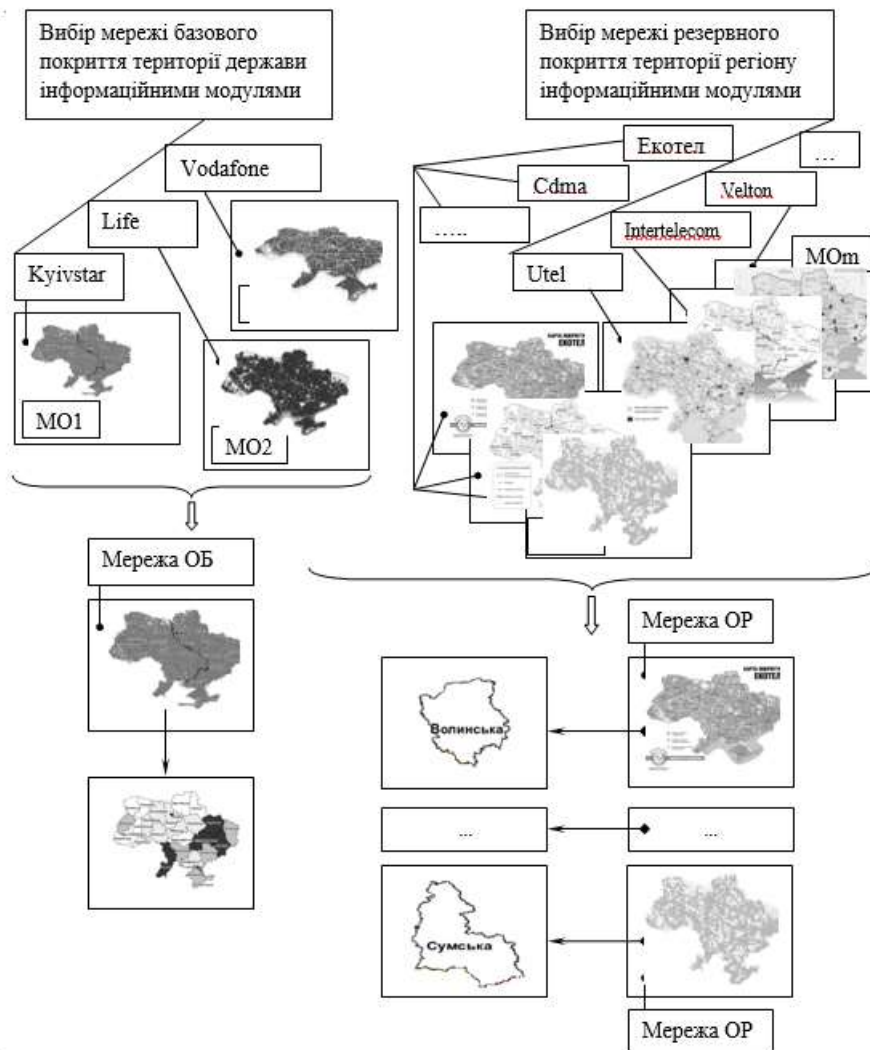


Рис. 3.10. Схема організації базової та резервної мережі покриття БІМ зони поширення наслідків НС МБ характеру.

За умов вирішення питання узгодженості обробки інформаційних повідомлень щодо стану безпеки МБ характеру на рівні МРКУ в якості ОР можливо розглядати декількох операторів стільникових мереж одночасно, забезпечуючи, таким чином, максимально можливу насиченість БІМ та БІМ-РАЖ в межах потенційно небезпечних з точки зору виникнення небезпек МБ характеру територіях.

Від так пропонується організація системи трьох рівневого резервування інформаційних каналів передачі інформації про безпеку МБ характеру у

вигляді базового, резервного, додаткового рівнів. Схема організації резервного та додаткового рівнів представлена на рис. 3.11 та рис. 3.12.

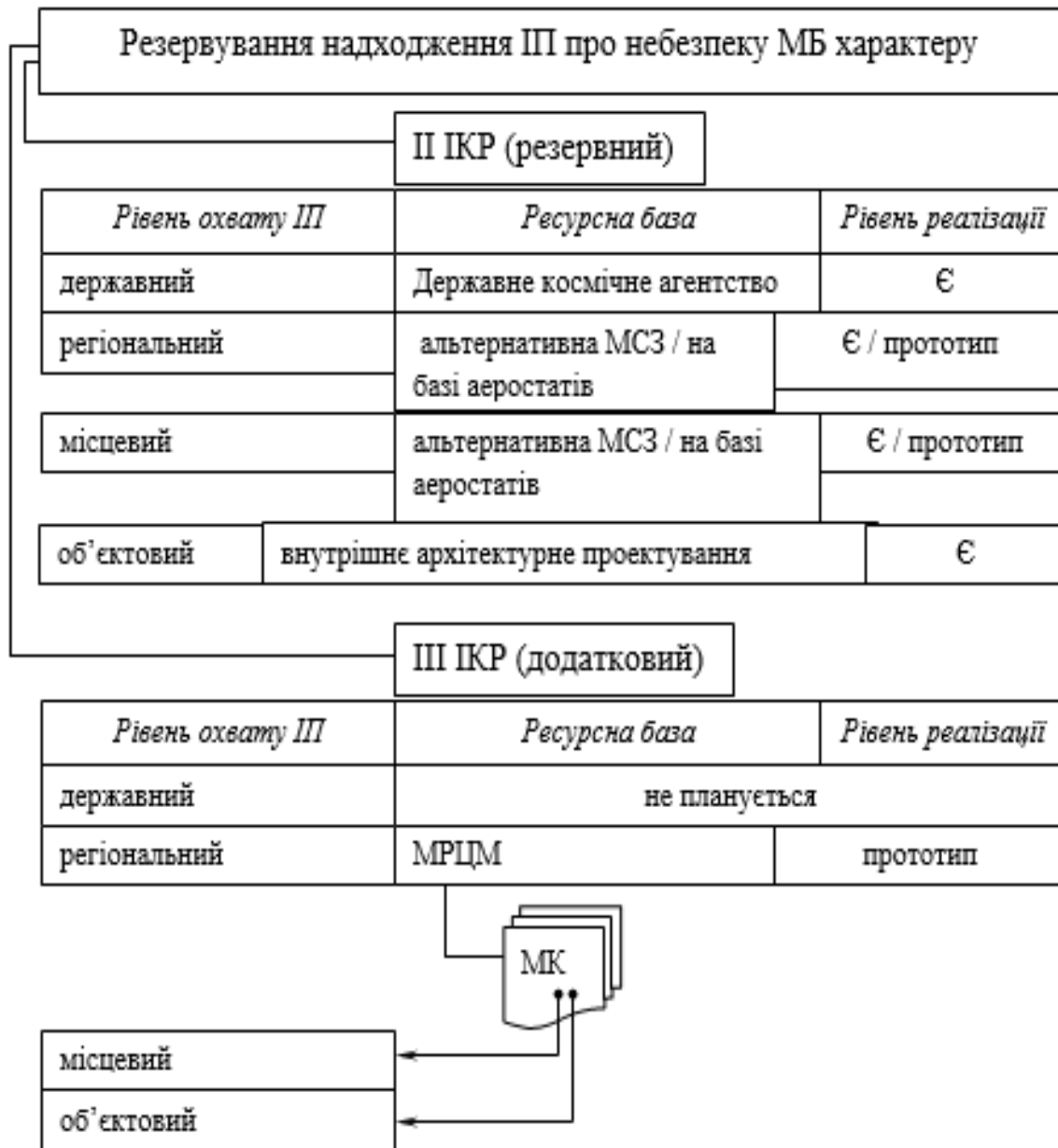


Рис. 3.11. Схема організації резервних каналів передачі ІІІ про небезпеку МБ характеру.

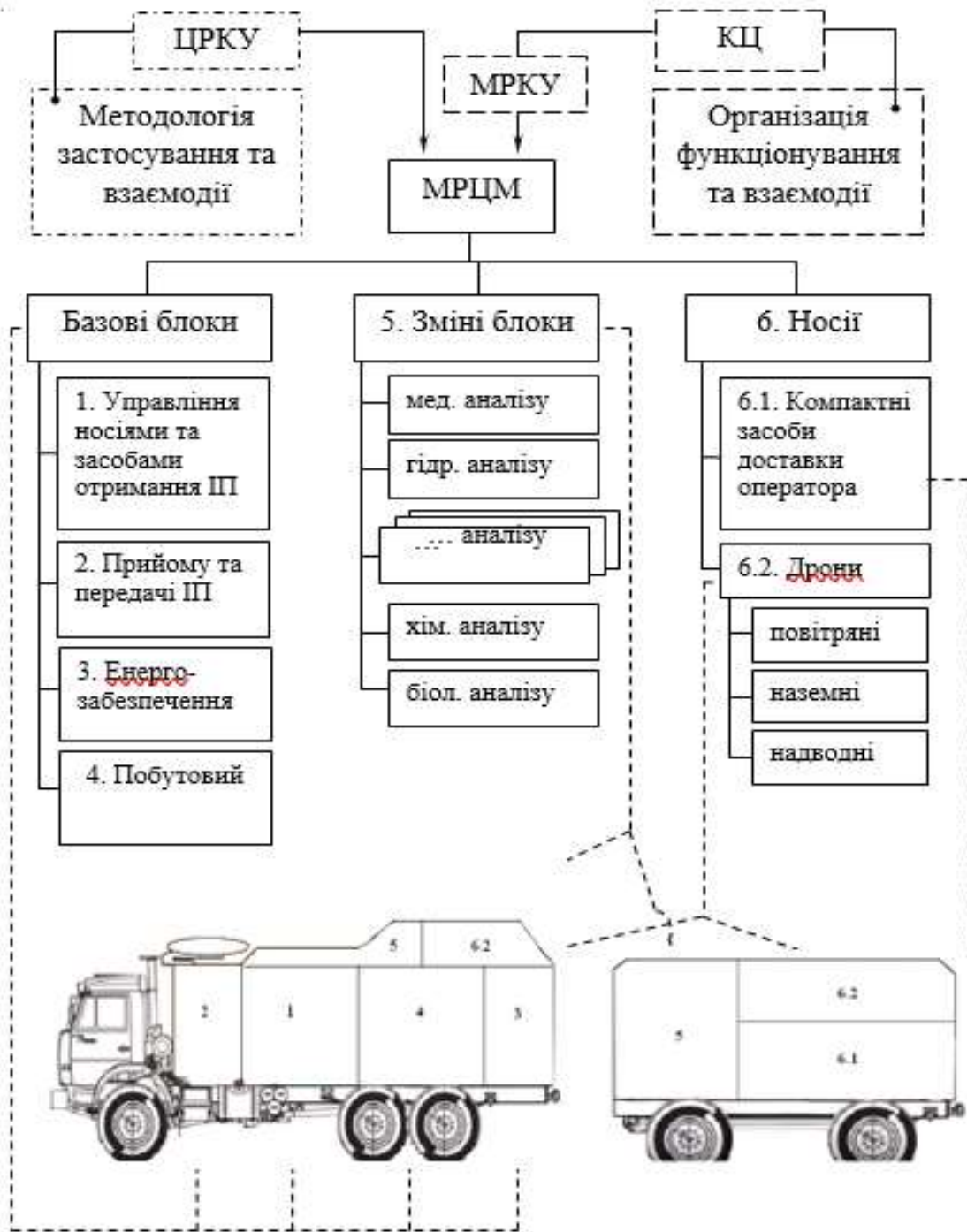


Рис. 3.12. Схема організації мобільного регіонального центру отримання та передачі інформації із зони поширення НС МБ характеру.

В частині організації ІІ ІКР (резервного) відповідні схеми охопту ІС регіонального та місцевого рівня були розглянуті (на рис. 3.8. – 3.10.) під час дослідження І ІКР (основного) рівня. Питання стосовно отримання резервних шляхів інформації державного рівня охопту ІС можливо вирішити на рівні

інформування, у разі необхідності, координуючого центру ДСНС України через канали Державного космічного агентства України, з наступним інформуванням МРКУ.

Резервування обміну інформаційними повідомленнями в системі «клієнт - сервер» вимагає забезпечення можливості різкого зростання пропускної здатності каналів та альтернатив передачі (ретрансляції) ІІІ. Принциповим у вирішенні питання є формування відповідної архітектури інтерактивного комплексу із скорочення наслідків НС МБ характеру. Вирішення питання альтернативної ретрансляції ІІІ запропоновано на рис. 3.9.

Організаційна одиниця ІІІ ІКР (додаткового) рівня прийому – передачі інформації про небезпеку МБ характеру це мобільний регіональний центр (МРЦМ), який виконуються на базі шасі вантажного автомобілю та за потреби на базі шасі причепу рис. 3.12.

Врахування вищезазначених принципів: децентралізації обробки ІІІ, забезпечення максимально можливої щільності носіїв отримання ІІІ, альтернативності вимагає визначитися з наступних питань.

По-перше, методологія застосування та взаємодії МРЦМ визначається на рівні ЦРКУ як синтез сучасних підходів та організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру. Безпосередня організація та взаємодія є пріоритетом та забезпечується: у першому варіанті координуючим центром ДСНС України (у разі обмеженості кількісних одиниць або виникнення передумов НС які поширюються на декілька суміжних регіонів та вимагають застосування одночасно декількох МРЦМ), у другому варіанті МРКУ (у разі відповідної, до регіональних потреб, кількості МРЦМ).

По-друге, розміщення пунктів дислокації МРЦМ повинно відповідати наступним вимогам рис. 3.13 (а): варіант 1 – пункт обслуговування та ремонту на базі МРКУ; варіант 2 – пункти пріоритетного розміщення МРЦМ, виходячи, наприклад, з вимог послідовно застосованих критеріїв оптимізації; варіант 3 – переміщення МРЦМ відповідно часово-просторової зміни проекції $pV_H(P, T, t)$ вектору потенційної небезпеки $V_H(P, T, t)$ у площині поля

природно-техногенно-соціальної середі [42, 43]; варіант 4 – переміщення підрозділу МРЦМ (зі штатним обладнанням) до ЦКРУ для проходження планового (або позапланового) підвищення кваліфікації в рамках концепції набуття неперервної освіти [44, 45].

По-третє, при формуванні підсистеми мобільних центрів МРЦМ необхідно врахування особливостей прояву різних типів НС МБ характеру [46], що враховуються шляхом організації МРЦМ типу П (перевага засобів для виявлення джерел МБ небезпек, будь-яка подія за участю яких завжди оцінюється як надзвичайна) або типу Т (перевага засобів для виявлення джерел МБ небезпеки, які мають потенційне трансграничне розповсюдження) відповідно рис. 3.13 (b).

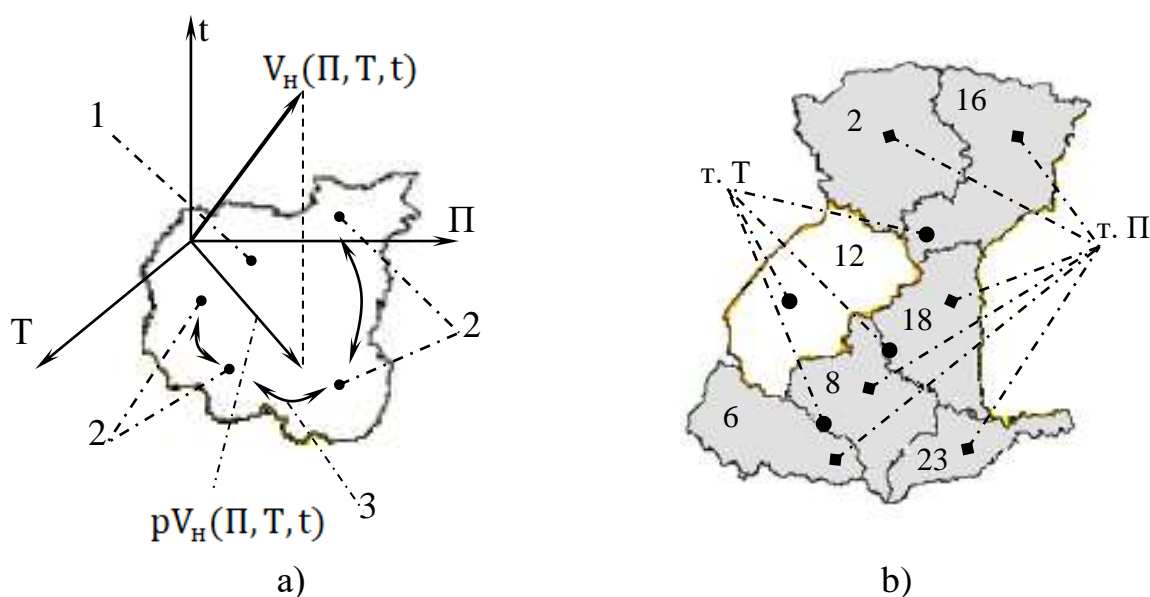


Рис. 3.13. Особливості організації системи МРЦМ з урахуванням: а – пунктів дислокації; б – типу компоновки.

Так, наприклад, регіони з перевагою можливості виникнення джерел МБ небезпек, будь-яка подія за участю яких завжди оцінюється як надзвичайна (2 – Волинська, 16 – Рівненська, 18 – Тернопільська, 8 – Івано-Франківська, 6 – Закарпатська, 23 – Чернівецька області) укомплектовуються МРЦМ по типу П, з перевагою передумов виникнення джерел МБ небезпеки, які мають

потенційне трансграничне розповсюдження (12 - Львівська) – МРЦМ по типу Т. Втім для виконання принципу багатого разового резервування системи МРЦМ по типу Т вкрапляються в схему МРЦМ регіонів (2, 16, 18, 8, 23, 6) за умов однакових можливостей їх застосування у суміжних регіонах у разі виникнення передумов НС МБ характеру різного типу.

Таким чином, для забезпечення необхідної якості покриття та швидкості мережі Інтернет телефонії в умовах поширення медико-біологічної небезпеки пропонується: по-перше, застосування багаторазового резервування каналів передачі інформаційних повідомлень, за рахунок використання мереж стільникового зв'язку, каналів ретрансляції на базі безпілотних аеростатів та мобільних пересувних пунктів прийому-передачі інформації; по-друге, децентралізація з обробки інформаційних повідомлень про небезпеку медико-біологічного характеру, за умов використання розгалуженої системи центрів та модулів ресурсно-критичного управління заходами із скорочення наслідків надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру.

3.5. Скорочення часу формування операторських запитів та повідомлень у разі виникнення небезпеки медико-біологічного характеру

Дослідження сучасних тенденцій, з розробки та формування інформаційно-комунікативних технологій навчання фахівців, як загальних, так і у сфері ідентифікації та запобігання небезпек МБ характеру [37]; окремі авторські реалізації з підготовки та підвищення кваліфікації фахівців в системі навчання спеціалізованих вищих закладів освіти [47-49], дозволили визначитися з колом вимог до процесу безперервної підготовки фахівців (менеджерів) ресурсно-критичного управління заходами із скорочення наслідків НС МБ характеру (рис. 3.14) та сформуванню принципової схеми навчального комплексу з підвищення рівня професійної компетентності останніх в рамках функціонування ЦРКУ, МРКУ або МЦРМ в умовах поширення небезпеки МБ характеру.

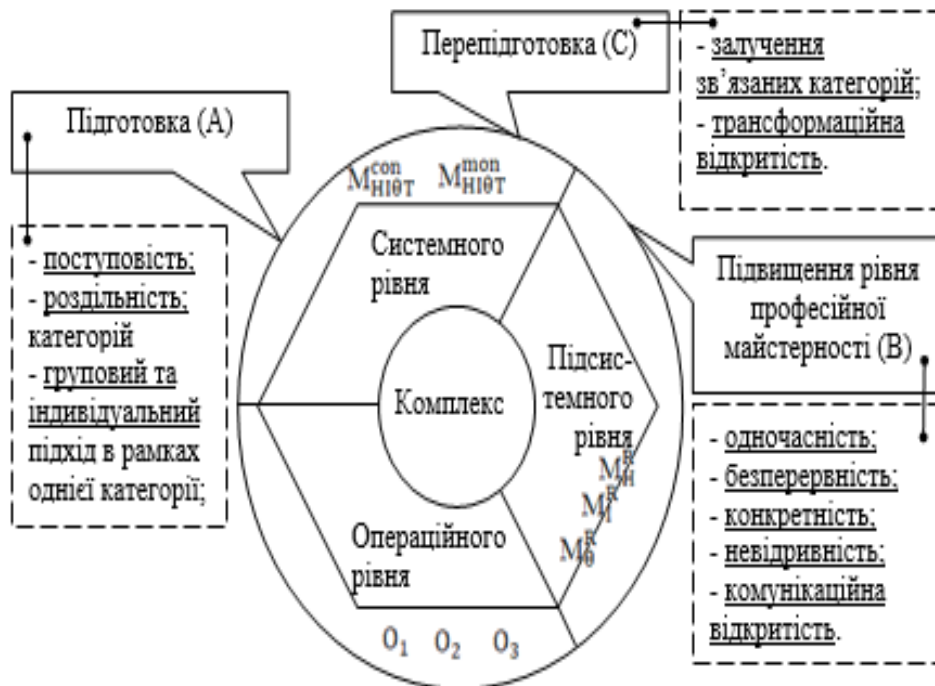


Рис. 3.14. Структура комп'ютерної реалізації комплексу з формування функціональних навичок фахівців (операторів) за умов безперервної освіти.

Суттєвим, з погляду подальшого формування навчального комплексу, є визначення ряду наступних питань. По-перше, останній складається з тренажерів трьох рівнів – системного рівня (підготовка керівників з ліквідації наслідків НС МБ характеру); підсистемного рівня (підготовка операторів серверів регіонального рівня) та операційного рівня (підготовки операторів серверів місцевого рівня). По-друге, це визначення принципової різниці при формуванні процесів підготовки, підвищення професійної майстерності та перепідготовки особового складу для системи «клієнт-сервер» зі скорочення негативних наслідків НС МБ характеру, та їх органічне поєднання у єдиному навчальному комплексі.

Так процес (А) підготовки фахівців характеризується виконанням наступних критеріїв: поступовістю (поетапний зростання складності завдань), роздільністю потоків підготовки різних категорій як-то керівників з ліквідації наслідків НС МБ характеру, операторів різних рівнів (тривалість, інтенсивність, різна насиченість теоретичної та практичної складової тощо);

органічне поєднання групових тренінгів з індивідуальною підготовкою (стимуляція пошуку нових підходів та нетривіального мислення, дослідницька робота).

Натомість організацію процесу (В) підвищення рівня професійної майстерності вирізняють наступні критерії: одночасність – залучення до процесу (В) всіх категорій фахівців (чергової зміни) ЦРКУ, МРКУ або МЦРМ одночасно на весь час проведення процесу (В) з відривом або без відриву від основного місця функціонування; безперервність – проведення процесу (В) як планово, так і за потребою у разі її виникнення (за замовленням, на підставі аналізу виявлених недоліків при вирішенні конкретних практичних завдань, керівником ліквідації наслідків НС МБ характеру); конкретність – зміні тривалості та тематичної спрямованості кожного етапу процесу (В), які формуються виходячи з аналізу існуючих недоліків ефективності (функція ЦРКУ) та оперативних замовлень (функція МРКУ та МЦРМ); невідривність процесу (В) від штатної матеріально-технічної бази; комунікаційна відкритість – введення до процесу (В) невід’ємної складової, а саме постійне вдосконалення можливостей спілкування та інформаційного обміну з представниками суспільних інституцій та СМІ, як однієї з основ сталого підґрунтя процесу формування стійкого інформаційного процесу стосовно поширення негативних наслідків НС МБ характеру.

Організація процесу (С) перепідготовки (у разі впровадження новітніх інформаційних та комунікативних технологій або новітніх зразків технологічного обладнання) характеризується наступними критеріями: одночасним залученням до процесу (С) фахівців суміжних категорій одного підрозділу, наприклад керівник з ліквідації наслідків НС МБ характеру – оператор серверу регіонального рівня, оператор серверу регіонального рівня – оператор серверу місцевого рівня, в складі групи сформованої за територіальним принципом; трансформаційна відкритість, яка дозволяє без кардинальних системних змін нарощувати або запроваджувати нові навчальні

(які відповідають інноваційним технологіям або обладнанню) блоки з послідовною трансформацією їх до процесів (А) та (В).

Схема на рис. 3.14 є формалізованою базою для формування навчального комплексу, у нашому випадку реалізованому у вигляді комп'ютерного тренажера для окремих типів НС МБ характеру, що дозволяє стверджувати про принципову можливість побудови подібного комп'ютерного комплексу в цілому в рамках створеного інтерактивного комплексу скорочення наслідків НС МБ характеру, із залученням ГІС-технологій, баз МОЗ та служби епідерм нагляду України тощо. Принциповим залишається врахування розроблених в рамках організаційно-технічних методів скорочення наслідків НС МБ характеру пропозицій, які стосуються, насамперед, реалізації рівнів охопту ІС, генерації та підходів до подолання функціональної критичності внутрішнього та зовнішнього характеру, формуванню системи резервів та їх управлінню в критичних умовах небезпеки МБ характеру.

Інтерфейс основної форми спілкування представлено на рис. 3.15. Функціонально, у вигляді окремих повідомлень на робочому полі форми, на ній представлені результати роботи всіх частин основного алгоритму. Насамперед це стосується ініціалізації, відображення результатів генерації, поля проміжних результатів, поля вимог системи управління, блоків вибору джерела МБ небезпеки, блоків інформаційного обміну з експертною базою.

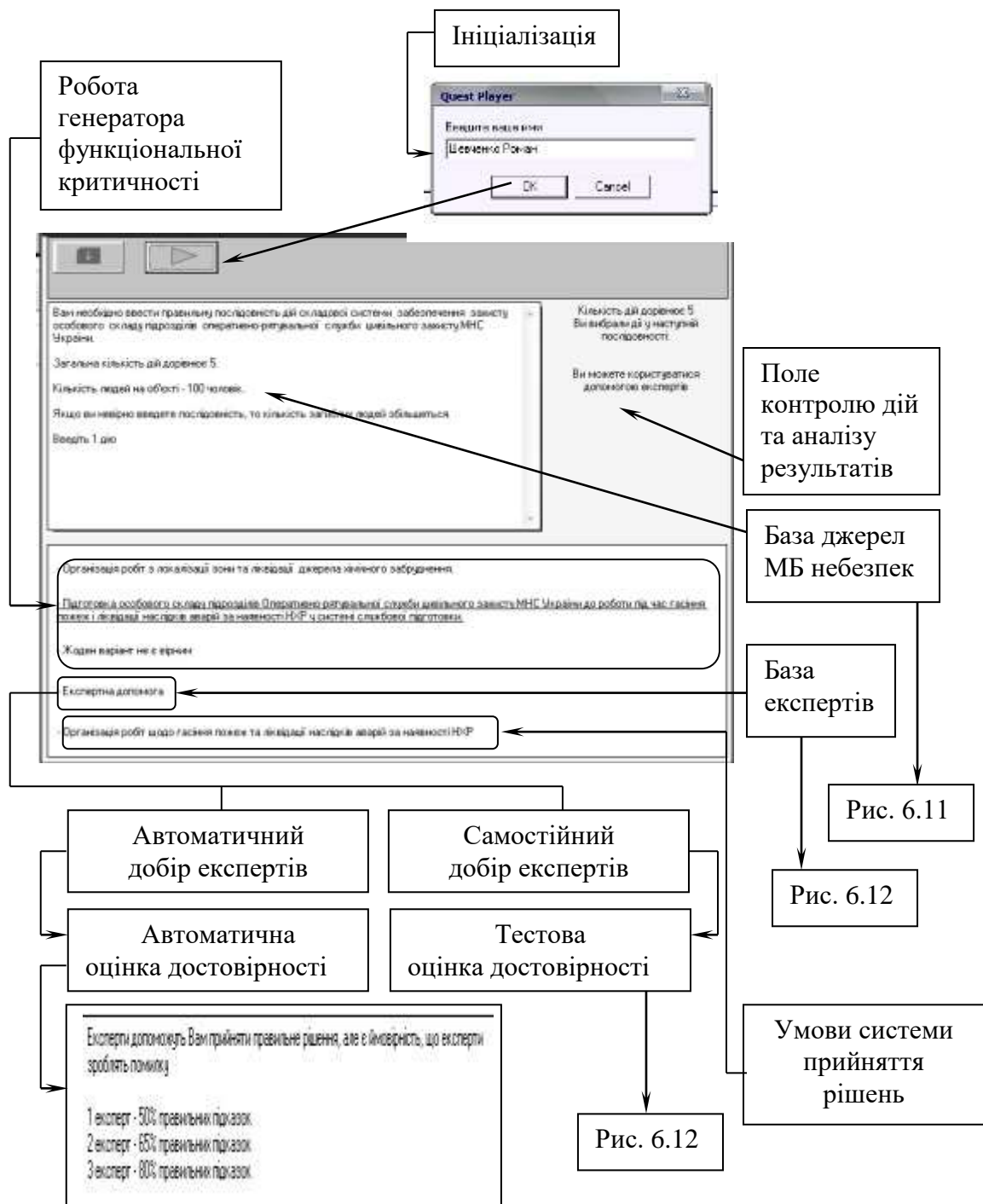


Рис. 3.15. Приклад інтерфейсу комп'ютерного комплексу з формування практичних навичок керівника з ліквідації наслідків НС МБ характеру.

В ході застосування комп'ютерної частини комплексу окремі види процесів виконуються автоматично (за попередньо сформованою програмою навчання) та залишають, умовно, поза впливу «активної уваги» фахівців, які навчаються. Приклад наведено на рис. 3.16.

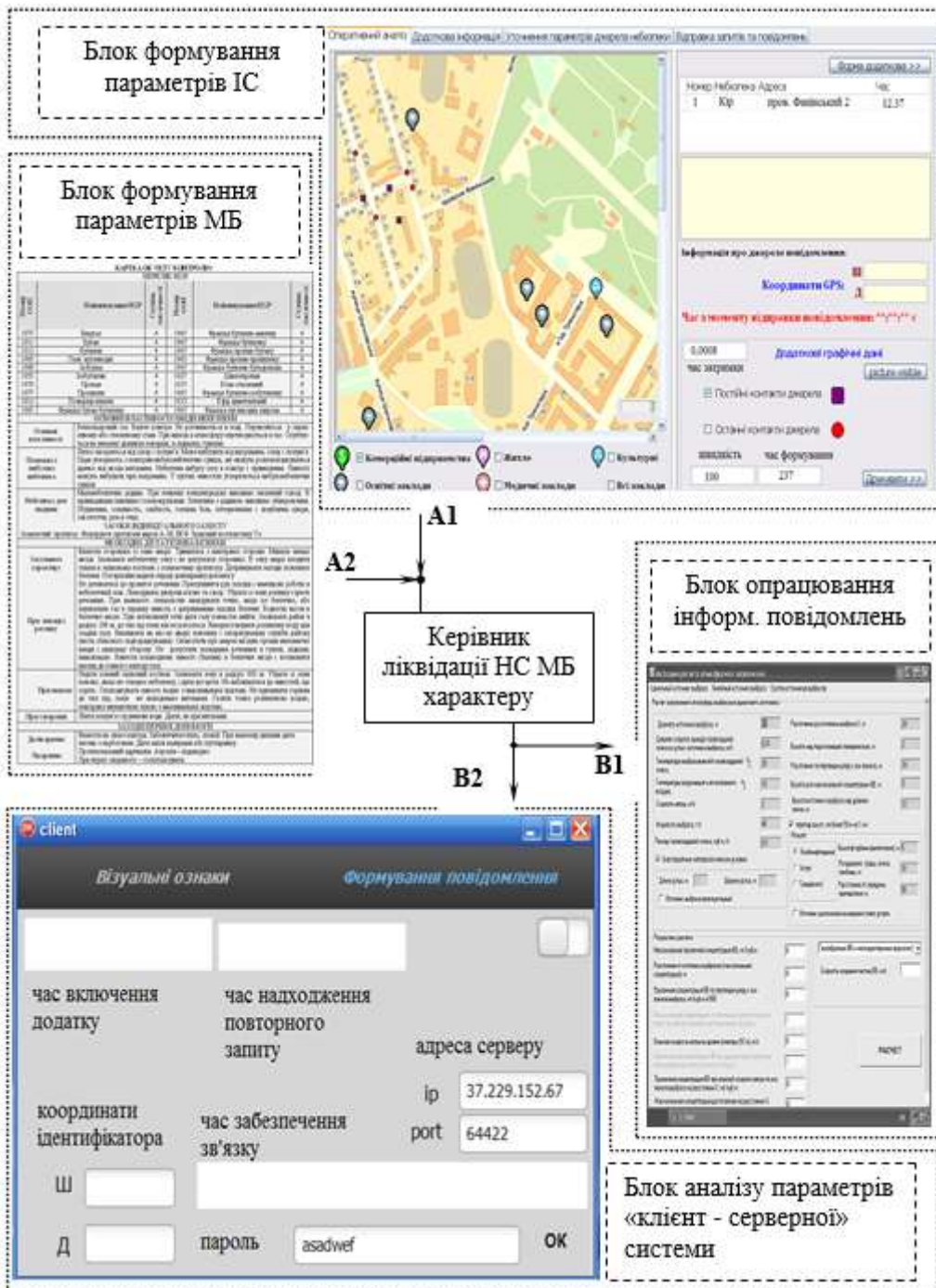


Рис. 3.16. Приклад роботи з базою джерел МБ небезпеки та блоками опрацювання та контролю параметрів інформаційних повідомлень.

Це стосується вибору - рівня охопту ІС, параметрів функціональної критичності, параметрів джерела МБ небезпеки. Фахівець, «за потреби» має постійний візуальний контакт з інформацією цих блоків (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Алгоритм формування експертною базою фахівців із скорочення наслідків НС МБ характеру.

Керівнику навчання надається можливість, на базі даних блоків (A1) та (A2), впливати на функціонування імітаційного блоку обробки інформаційних повідомлень з метою виконання вимог підсистеми прийняття рішення (B1) та, за потреби, визначатися із залученням, формуванням експертної групи та параметрів її роботи (B2). Останнє можливе здійснювати в двох режимах: автоматичного або самостійного добору за алгоритмом, який наведено на рис. 3.17.

Стосовно програмної реалізації алгоритму формування експертної бази, на цей час, у вигляді інтегрованих до загальної частини блоків (рис. 6.10)

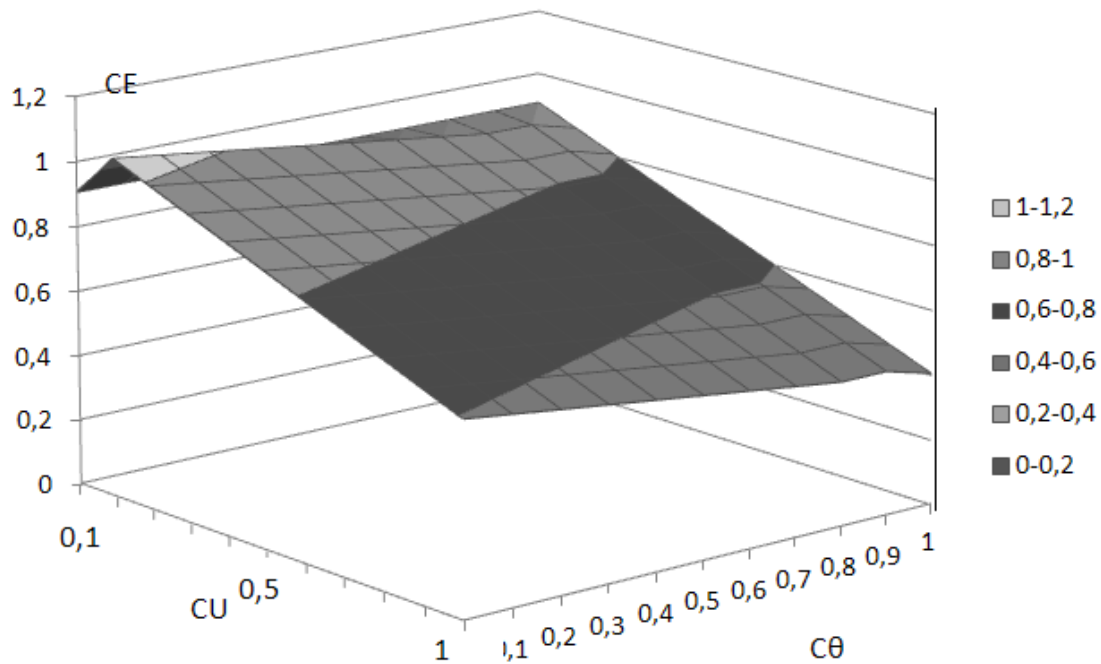
реалізована тестова частина визначення функціональної придатності в умовах підвищених навантажень.

Як визначалось раніше в сталому інформаційному процесі стосовно поширення наслідків НС МБ характеру можливе виникнення критичностей 1-3-го роду. Виникнення критичності 4-го роду є своєрідним виключенням та притаманне здебільш соціальним факторам впливу.

Аналіз взаємозв'язку критичностей 1-3-го роду інформаційного процесу стосовно поширення негативних наслідків НС МБ характеру наведено на рис. 3.18.

Принциповим є наявність зони малої чутливості до критичності 1-го та 2-го роду в межах $(0 \div 0,2)$, що обумовлено стійкістю архітектури розробленого інтерактивного комплексу скорочення наслідків НС МБ характеру та досить високою інерційністю реагування на зміни в інформаційному процесі.

Функціонування в цій зоні характеризується чітким та однозначним формуванням кінцевої цілі процесу, виконанням необхідних та достатніх умов для створення дієвого зв'язку управління заходами локалізації джерела МБ небезпеки. Від так межа припустимої критичності 3-го роду короткотривало може сягати значень 0,9, що по суті є втратою контролю над процесом аналізу змісту інформаційних повідомлень та відсутністю керованого зворотного зв'язку в системі «клієнт-сервер» у наслідок суб'єктивних обставин (наприклад зміна операторів, короткотривалі перерви персоналу тощо).



3.18. Залежність сумарних коефіцієнтів покомпонентного внеску критичності k^E 3-го роду (CE – гранично допустиме значення) (неефективність зворотного зв’язку та прийняття рішень) від варіації сумарних коефіцієнтів по компонентного внеску k^U 1-го (CU) та k^θ 2 –го ($C\theta$) роду в зоні зростання критичності $t \in [t_{TP}^{inc} \dots t_{eaTP}^{inc}]$ інформаційного процесу стосовно поширення негативних наслідків НС МБ характеру.

По суті сталий режим інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру характеризується значним запасом стійкості λ^E , щодо прийняття адекватних рішень стосовно аналізу динаміки поширення наслідків НС МБ характеру, виходячи з припущення понад 90 %.

З іншого боку зростання абсолютних значень коефіцієнтів покомпонентного внеску критичності 1-го та 2-го роду прогнозуємо призводить до падіння межі припустимої критичності 3-го роду і для значень $> 0,8$ має досить нестабільний характер, що характеризується збільшенням інформаційного тиску (швидкість надходження інформації > 70 біт/с) на систему формування рішень в умовах скорочення середнього операторського часу, зростання критичності функціонування інтерактивного комплексу

скорочення наслідків НС МБ характеру та входження його в зону функціональної нестабільності ($<\Delta t$).

Моделювання динаміки критичності інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру від значень абсолютного внеску у формування інтегрального коефіцієнту критичності представлено на рис. 3.19.

Розглядаються наступні умови формування інтегрального коефіцієнту критичності інформаційного процесу табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

Умови формування інтегральної критичності інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру.

Номер умови	Варіація значень критичностей різного роду				Умовне позначення на рис. 6.14
	k^U	k^θ	k^E	k^F	
1	0,5	0,5	0,5	0,5	integ k1
2	0,5	0,5	0,5	0	integ k2
3	0,9	0,1	0,1	0	integ k3
4	0,1	0,9	0,1	0	integ k4
5	0,1	0,1	0,9	0	integ k5

В процесі моделювання інерційність системи щодо включення та виключення компенсування критичності прийнята однаковою $[T1,T2]=[T3,T4]= 4\Delta t$, та знаходиться на відносній межі докритичних інтегральних значень (рис. 3.20).

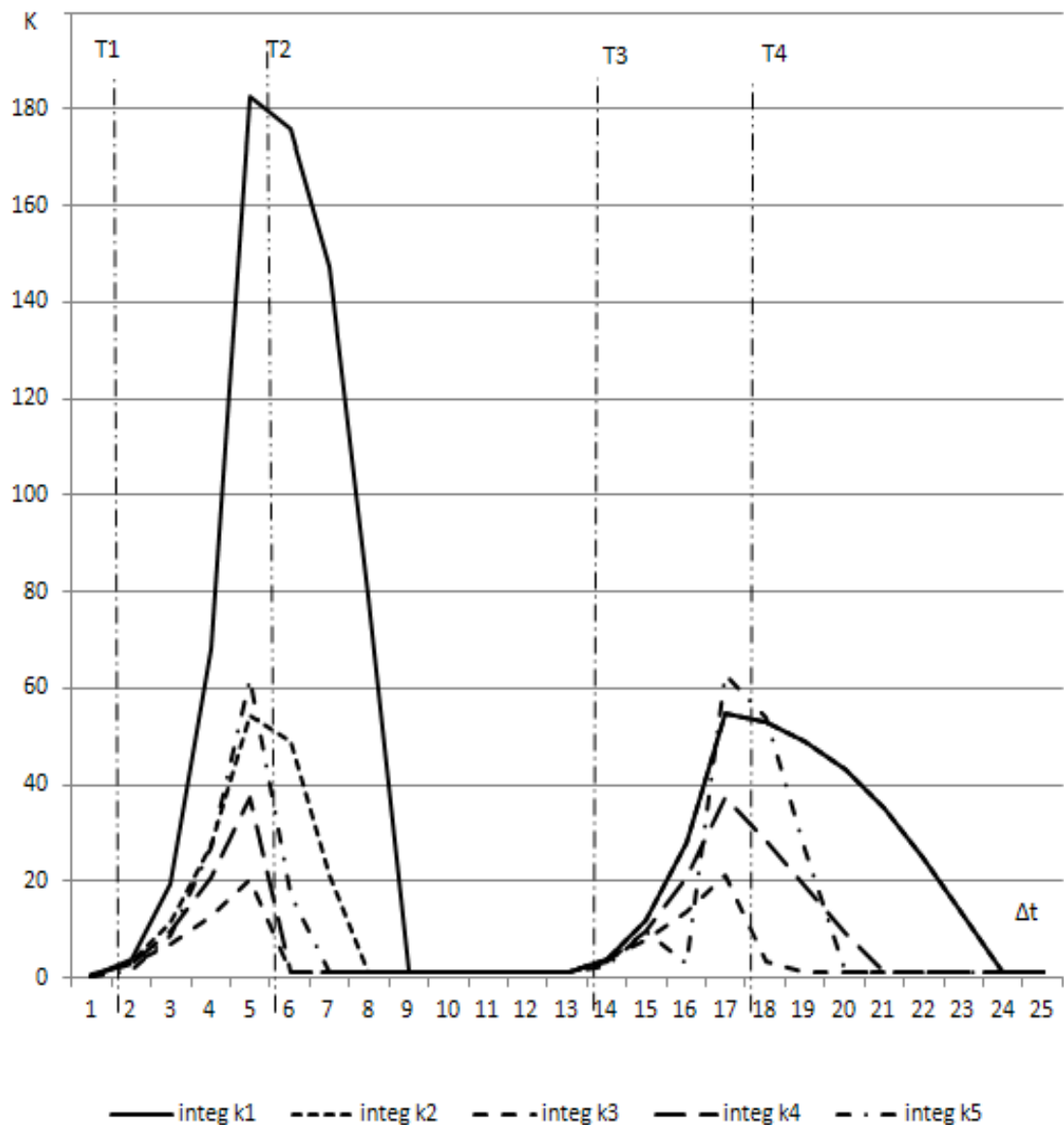


Рис. 3.19. Моделювання зміни критичності інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру у залежності від покомпонентного внеску критичностей різного роду (де T_1, T_3 ($t_{TP}^{inc}, t_{TP}^{off}$) - час початку та кінця зовнішнього впливу факторів інформаційної (Т) або природної (Р) групи; T_2, T_4 ($t_{eaTP}^{inc}, t_{eaTP}^{off}$) - час початку та кінця аналізу зовнішнього впливу та компенсування викликаного цим впливом критичності; (Δt) (с) – проміжок часу в межах якого можлива обробка інформації при екстремальному її надходженні, K – інтегральна критичність системи (біт/с).

Як свідчить аналіз, критичність 4-го роду призводить до стрімкого зростання інтегральної критичності інформаційного процесу у докомпенсуючій зоні функціонування, домінування критичностей менших порядків не змінює загальний характер зростання, впливає лише на її темп та зміни розміру зони компенсування.

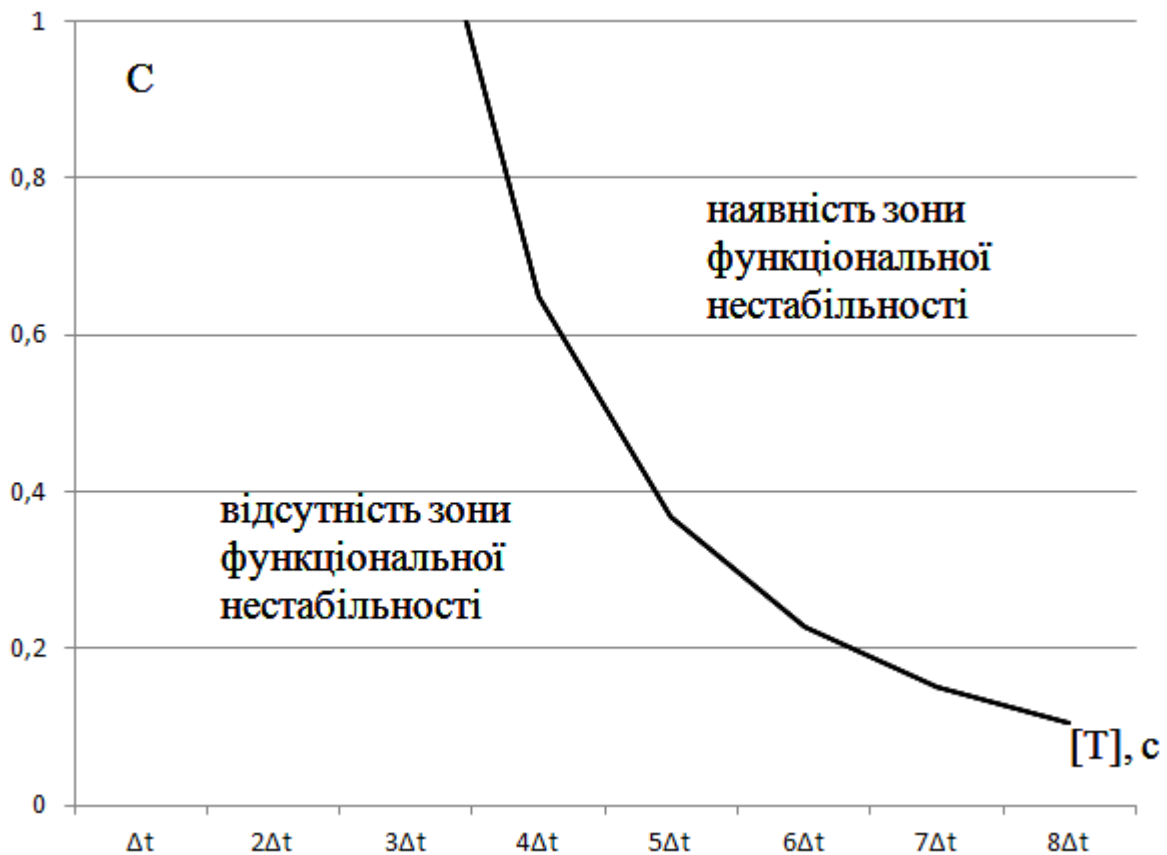


Рис. 3.20. Залежність сумарного коефіцієнту покомпонентного внеску (C) інтегральної критичності інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру від величини часу інерційності.

Зони повторної критичності $[T_3, T_4]$ характеризуються досить високими показниками, які у більшій мірі залежать від часу інерційності інформаційного процесу, та меншим чином від структури інтегрального показника.

Аналіз залежності коефіцієнту покомпонентного внеску від часу інерційності інформаційного процесу дозволив визначити часовий проміжок в межах інтервалу $[\Delta t \dots 3\Delta t]$, де навіть у випадку значень коефіцієнту (C)

близького до 1 вдається запобігти виникненню зони закритичних значень, (за випадком критичностей 4 роду).

Показник інерційності $[T] = 4\Delta t$, можна вважати стабільно допустимим значенням, перевищення якого навіть для малих показників покомпонентного внеску призводять до стрімкого зростання зони функціональної нестабільності інформаційного процесу, як при включенні складової компенсування, так і при її виключенні (за відсутності дієвих механізмів впливу, окрім варіації зазначеного часу інерційності).

Вплив можливих варіації коефіцієнту по компонентного внеску 4-го роду (C^{322}) представлено на рис. 3.21.

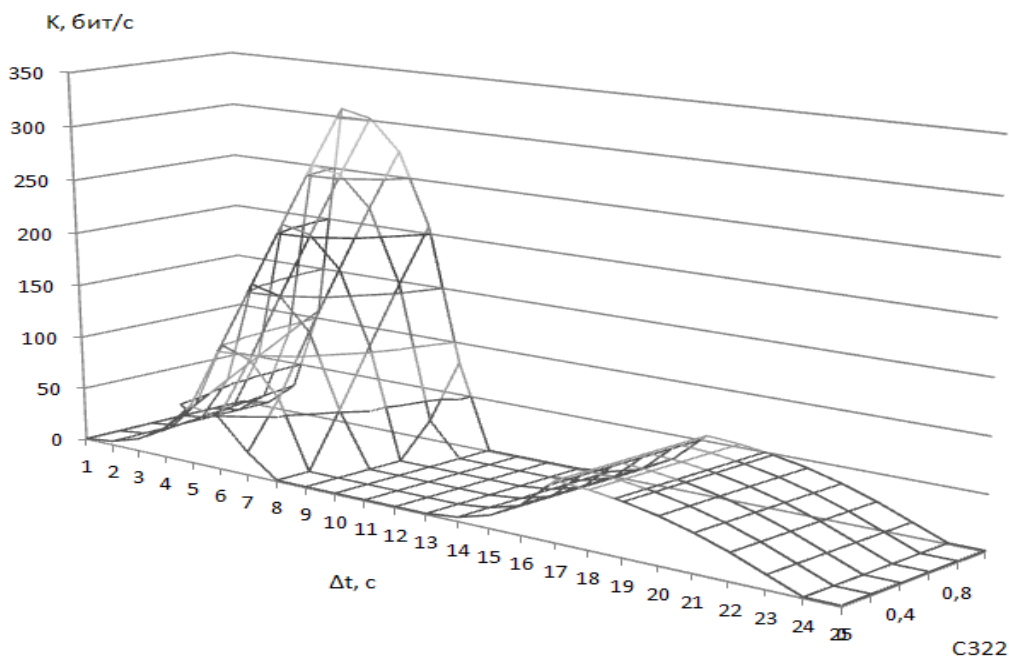


Рис. 3.21. Моделювання залежності характеру розподілу інтегральної критичності (K) інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру від внеску коефіцієнту 4-го роду C^{322} , за умов: період інерційності процесу $[T]=4\Delta t$, всі коефіцієнти покомпонентного внеску 1-3 роду дорівнюють 0,5.

Аналіз динаміки зміни (рис. 3.21) доводить залежність розростання розмірів зони критичності та її максимальних значень від зростання

коефіцієнту по компонентного внеску 4-го роду. Зона посткритичності залишається не зміною для всіх значень коефіцієнту. Характерним є зменшення для $C^{322} > 0,5$ допустимого періоду інерційності процесу $[T]$ до $3\Delta t$.

Вплив можливих варіації коефіцієнту по компонентного внеску 1-го роду (C^U) представлено на рис. 3.22. Слід зазначити, що характер впливу коефіцієнтів цієї групи (C^1, C^{31}, C^{32}) на інтегральну критичність інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру однаковий, розбіжності щодо максимальних значень не впливають на аналіз їх поведінки.

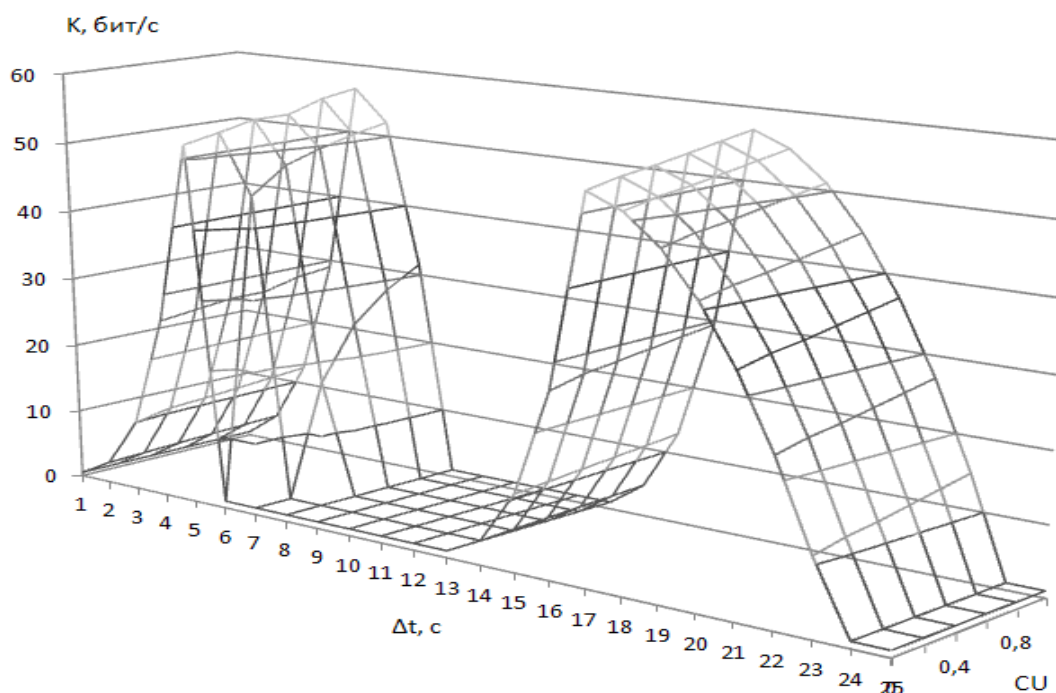


Рис. 3.22. Моделювання залежності характеру розподілу інтегральної критичності (K) інформаційного процесу від внеску коефіцієнтів групи 1-го роду C^U , за умов: період інерційності системи $[T]=4\Delta t$, всі коефіцієнти покомпонентного внеску 2-го та 3-го роду дорівнюють 0,5; $C^{322}=0$.

Як бачимо варіації коефіцієнти по компонентного внеску 1-го роду не суттєво впливають на загальний характер формування інтегральної

критичності (вносять відповідну фіксовану величину у всіх часових зонах). Величина пікових значень у посткритичній зоні на пряму залежить від величини допустимих флуктацій в зоні компенсування впливу та часу інерційності інформаційного процесу.

Вплив можливих варіації коефіцієнтів по компонентного внеску 2-го роду (C^θ) представлено на рис. 3.23 (a) – для C^2 , b) – для C^5 відповідно.

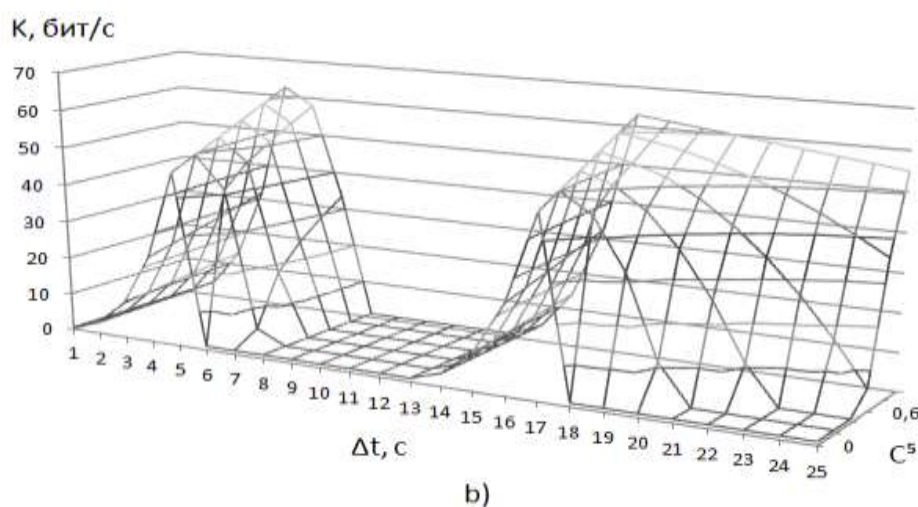
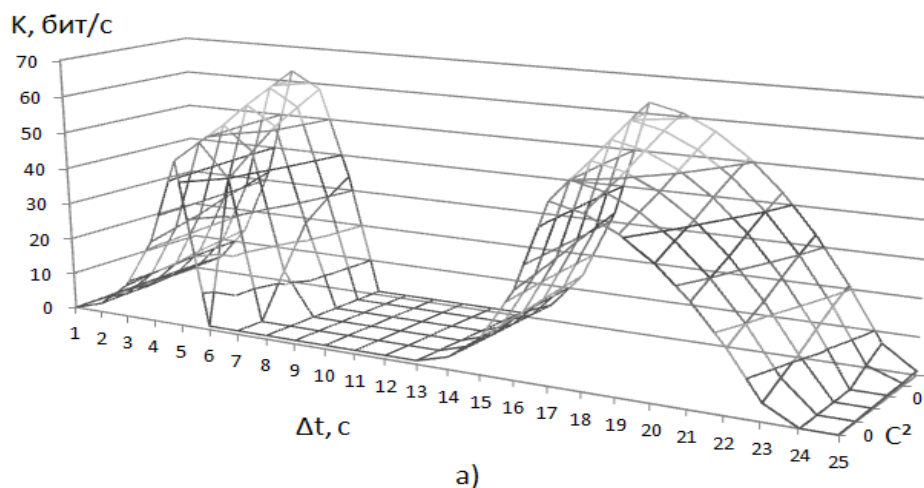


Рис. 3.23. Моделювання залежності характеру розподілу інтегральної критичності (K) інформаційного процесу від внеску коефіцієнтів групи 2-го роду C^θ , за умов: період інерційності процесу $[T]=4\Delta t$, всі коефіцієнти по компонентного внеску 1-го та 3-го роду дорівнюють 0,5; $C^{322}=0$.

Найбільш цікавим є поведінка інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру в посткритичній зоні, яка

характеризується майже повною відсутністю внутрішніх компенсуючих можливостей критичностей починаючи з 2-го роду, оскільки у формування останніх найбільшу складову вносять суб'єктивні фактори функціональної підготовки операторів серверів місцевого та регіонального рівнів.

Фактично маємо залежність параметрів інформаційного процесу від наявного досвіду щодо поведінки в критичних умовах. І в разі під подання інформаційного процесу під дію важко прогнозуємих впливів (наприклад НС «особливо рідких проявів») $C^{\theta} \rightarrow 1$, виникає зона інформаційного процесу, яка принаймні потребує більш детального вивчення, а як максимум передбачає створення механізмів посткритичного компенсування.

Вплив можливих варіації коефіцієнтів по компонентного внеску 3-го роду (C^E) представлено на рис. 3.24.

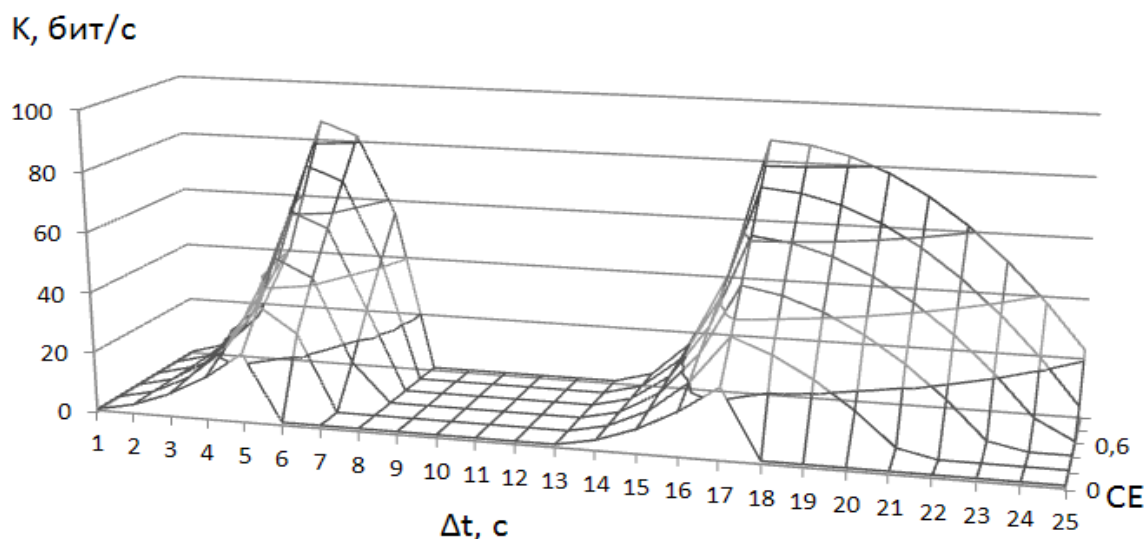


Рис. 3.24. Моделювання залежності характеру розподілу інтегральної критичності (K) інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру від внеску коефіцієнтів C^E (CE) 3-го роду, за умов: період інерційності процесу $[T]=4\Delta t$, всі коефіцієнти покомпонентного внеску 1-го та 2-го роду дорівнюють 0,5; $C^{322}=0$.

Як свідчить аналіз (рис. 3.24), для коефіцієнтів 3-го роду посткритичний ефект, ще більш виражений. Це свідчить про те, що за умов коли параметри

інформаційного процесу вирівняно (кількісно) до сталого рівня, ще певний час залишається суттєва інформаційна невизначеність (критичність) породжена інформацією попередніх періодів, яка певний час впливає на якість (ефективність) зворотного зв'язку (цільового прийняття рішення щодо стану джерела МБ небезпеки).

Прогнозуючи взаємний характер змін коефіцієнтів покомпонентного внеску визначимо поведінку інтегральної критичності інформаційного процесу поширення негативних наслідків НС МБ характеру від варіації їх сумарного внеску (рис. 3.25).

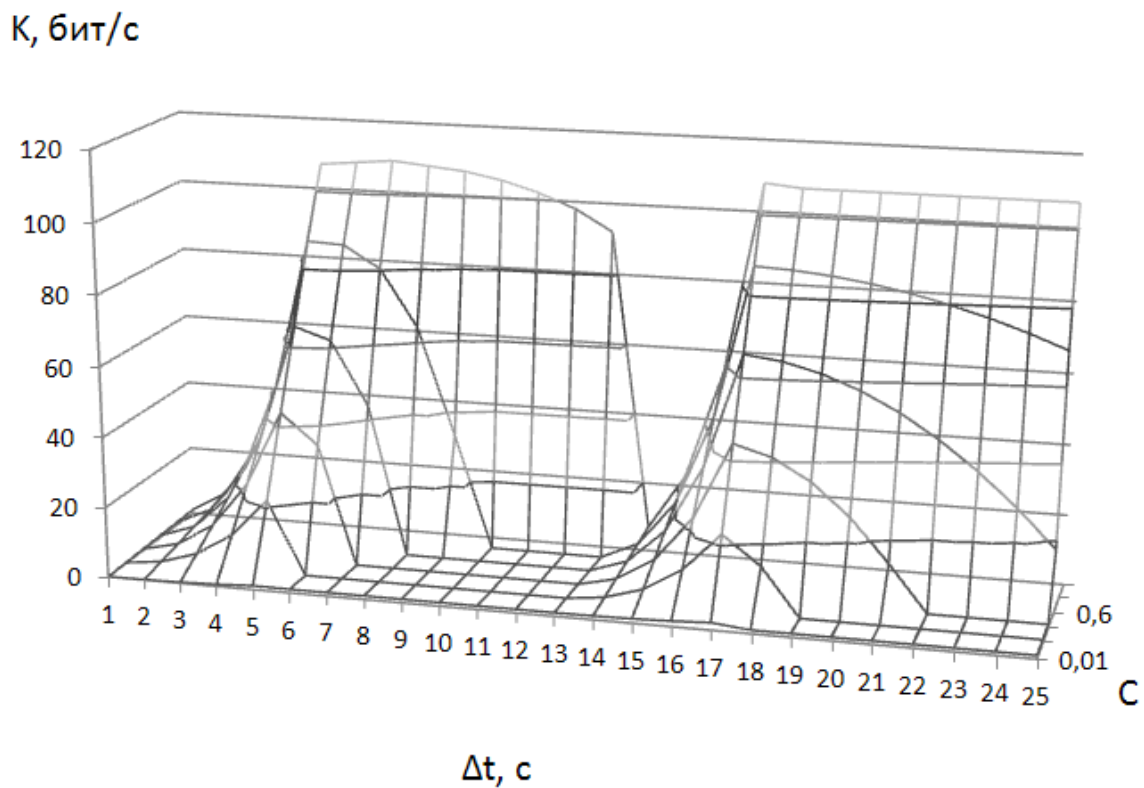


Рис. 3.25. Результати моделювання залежності характеру розподілу інтегральної критичності (K) інформаційного процесу від сумарного внеску покомпонентних коефіцієнтів (C), за умов: період інерційності компенсаційної складової $[T]=4\Delta t$; $C^{322}=0$.

Аналіз залежності інтегральної критичності інформаційного процесу поширення наслідків НС МБ характеру від величини коефіцієнтів

покомпонентного внеску дозволив виділити три характерні зони розподілу сумарного покомпонентного коефіцієнту, а саме:

(31) - $C \in [0 \div 0,2)$ – зона поглинання критичності за рахунок незначних її коливань (флуктацій). Наявність прогнозуємої невизначеної (часто неусвідомленої системою «клієнт-сервер») критичності компенсується за рахунок вибору архітектури інтерактивного комплексу скорочення наслідків НС МБ характеру;

(32) - $C \in [0,2 \div 0,8)$ – зона умовно передбаченої критичності в рамках проведених досліджень (рис. 3.18 – 3.24);

(33) – $C \in [0,8 \div 1)$ - зона очікуваного погіршення, орієнтація на песимістичний сценарій розвитку. Характеризується декількома внутрішніми інтервалами з суттєвими розбіжностями у прогнозуемій поведінці інформаційного процесу стосовно поширення наслідків НС МБ характеру (рис. 3.26).

Аналіз залежностей в зоні очікуваного погіршення довів наступне.

Для значень коефіцієнту покомпонентного внеску $C > 0,88$ є наявність зони нечутливості до компенсування, яка характеризується незначним, але стабільним збільшенням критичності на протязі 1-3 Δt , за умов включення процесу компенсування. Значення 0,88 можна вважати верхньою межею передбачуваної критичності, та приймати його у випадках відсутності досвіду з поведінки інформаційного процесу (як, наприклад, для випадку впливу від надзвичайних ситуацій МБ характеру «особливо рідких випадків»).

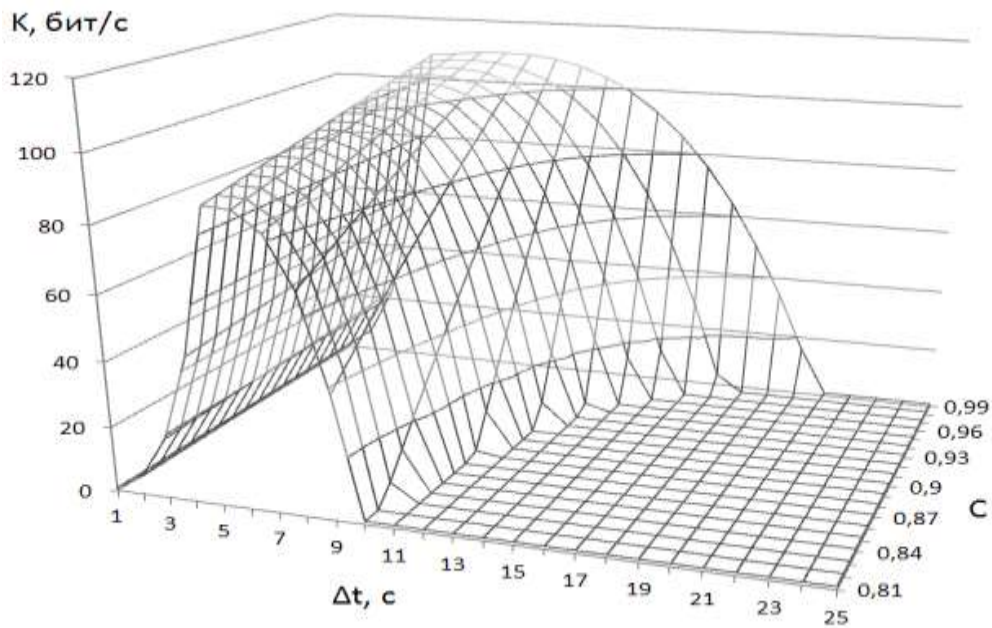


Рис. 3.26. Моделювання залежності характеру розподілу інтегральної критичності (K) інформаційного процесу від сумарного внеску покомпонентних коефіцієнтів (C) в зоні очікуваного погіршення $C \in [0,8 \div 1)$, за умов: період інерційності процесу $[T]=4\Delta t$; $C^{322}=0$.

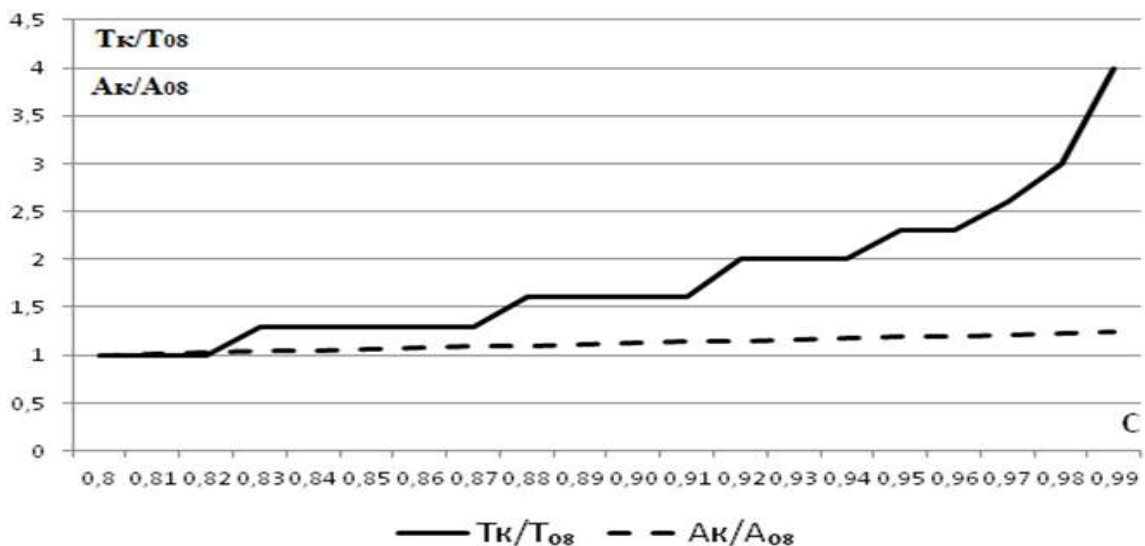


Рис. 3.27. Залежність зростання періоду критичного функціонування ($T_k/T_{0,8}$) інформаційного процесу та показнику максимального її значення ($A_k/A_{0,8}$) від величини сумарного коефіцієнту покомпонентного внеску (C) для НС МБ характеру «особливо рідких проявів».

В силу відсутності (малозначності) досвіду щодо впливу на інформаційний процес в умовах НС МБ характеру «особливо рідких випадків», слід зважати на значне розростання зони критичності функціонування інформаційного процесу при досить не суттєвих змінах максимальних значень критичності (рис. 3.27).

Характер наростання критичності у інформаційному процесі під впливом НС МБ характеру «особливо рідких проявів» не має якихось відчутних особливостей, а від так вплив небезпечних факторів у даному випадку носить «скритний» (непередбачуваний) характер.

Верхньою межею можливих значень для НС МБ характеру «особливо рідких проявів» слід вважати $C=0,97$, після цього показника справедливе припущення про відсутність будь-якої можливості (навіть короткотривалої в межах $< \Delta t$) адекватно функціонувати в умовах впливу.

Таким чином, для скорочення часу формування операторських запитів та повідомлень, розроблені пропозиції до комплексу формування практичних навичок операторів та керівників ліквідації надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру. Отримані основні залежності параметрів інформаційного процесу стосовно поширення медико-біологічної небезпеки від компонентних варіацій критичностей різного роду, що дозволило визначити межі застосування запропонованих організаційно-технічних методів скорочення наслідків надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру.

Література до розділу 3

1. Лобойченко, В.М. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

2. Барило О.Г. Зарубіжний досвід створення інформаційно-аналітичної системи цивільного захисту. *Вісник НУЦЗ України. Серія: Державне управління.* 2017. Випуск 2 (7). С. 387–395. DOI: 10.5281/zenodo.1038868.

3. Тищенко В.О. Сучасний стан державного управління у сфері цивільного захисту у країнах Євросоюзу. *Економіка та держава.* 2013. № 4. С. 94–97.

4. Майстро С. В. Особливості інституційного механізму державного управління системою цивільного захисту в різних країнах. *Вісник НУЦЗ України. Серія: Державне управління.* 2017. Випуск 2 (7). С. 407–415. DOI: 10.5281/zenodo.1038914.

5. Андронов В.А., Домбровська С.М., Ковальчук В.Г., Крюков О.І. та ін. Екологічна безпека держави: державно-управлінський вимір: монографія/ В.А. Андронов, С.М. Домбровська, В.Г. Ковальчук, О.І.Крюков та ін.– Х.: НУЦЗУ, 2016.– 220 с.

6. Кодекс цивільного захисту України (із змінами). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

7. Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 06.08.2018 р. № 658. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18#n14>.

8. Національний класифікатор ДК 019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій». [Чинний від 01.01.2011]. Київ, 2010. 19 с.

9. Лобойченко В.М., Ільїнський О.В. Щодо проблематики державного управління надзвичайними екологічними ситуаціями// Державне управління у сфері цивільного захисту: наука, освіта, практика : матеріали Міжнародної

науково-практичної конференції, 17 – 18 травня 2019 р. Х.: Вид-во НУЦЗУ, 2019. С. 135–138.

10. Шараєвська Т.А. Поняття та юридичні ознаки надзвичайної екологічної ситуації. *Університетські наукові записки*. 2012. № 4. С. 282-287.

11. Про зону надзвичайної екологічної ситуації: Закон України від 13.07.2000 р № 1908-III (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1908-14>.

12. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

13. Положення про Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 03.07.2014 р. № 631. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0853-14>.

14. «Положення про єдину державну систему цивільного захисту»: Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 9.01.2014 р. № 11. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-%D0%BF#n10>.

15. Про затвердження Указу Президента України «Про оголошення територій міста Калуш та сіл Кропивник і Сівка-Калуська Калуського району Івано-Франківської області зоною надзвичайної екологічної ситуації: Закон України від 2.02.2010 р. № 1885-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1885-17>.

16. Лобойченко В.М., Малько О.Д. Деякі аспекти державного управління екологічною безпекою у сфері цивільного захисту// Державне управління у сфері цивільного захисту: наука, освіта, практика : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 17 – 18 травня 2019 р. Х.: Вид-во НУЦЗУ, 2019. С. 138–140.

17. Про оголошення територій міста Калуш та сіл Кропивник і Сівка-Калуська Калуського району Івано-Франківської області зоною надзвичайної екологічної ситуації: Указ Президента України від 10.02.2010 р. № 145/2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/145/2010>.

18. Шевцова Г.З., Швець Н.В. Економіка структуроутворювальних підприємств базової хімії: сучасні тенденції та проблеми. *Економіка та право*. 2018. № 3. С. 91–100. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/есpr_2018_3_11.

19. Цільова комплексна програма фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових речовин і матеріалів хімічного виробництва» - Концепція програми. URL: <http://www.inphyschem-nas.kiev.ua/ua/PRPGRAMA/concept>].

20. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 липня 2004 р. № 967 «Державна програма розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 р.». URL: <https://www.kmu.gov.ua/npras/7667339>.

21. Про затвердження Державної програми розвитку внутрішнього виробництва: Постанова КМУ від 12 вересня 2011 р. № 1130. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1130-2011-%D0%BF>

22. Макогон Ю.В., Подунай В.В. Передумови переходу національної економіки України на етап постіндустріального розвитку. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2015. No. 12. URL: <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/44312>.

23. Нова індустріалізація — реальний шанс для України. Антикризова рада громадських організацій України. Розробники: експертна група під керівництвом Новицького В.С. Ухвалено рішенням спільного розширеного засідання Антикризової ради громадських організацій України та правління УСПП 09.11.2018 р. Київ, 2018. URL: https://uspp.ua/assets/doc/maket_nov_2019.pdf.

24. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. Укр НДІ ЦЗ. Київ. 2019. https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2018/AO_2018.pdf.

25. Лобойченко В. М. Вирішення окремої задачі з ідентифікації небезпеки в рамках формування інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій. Dynamics of the development of world science. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference (January 22-24, 2020).

Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2020. P. 679-683. URL: <http://sci-conf.com.ua>.

26. Звіт про результати аудиту ефективності використання бюджетних коштів, виділених на забезпечення діяльності сил цивільного захисту: Рішення Рахункової палати від 13.09.2017 № 18 -1. URL: http://www.ac-rada.gov.ua/doccatalog/document/16753615/zvit_18-1_2017.pdf?subportal=main.

27. Harvey, D. Modern Analytical Chemistry. DePauw University. The McGraw-Hill Companies, Inc , 2000. -816.

28. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод : навч. посіб. / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька. – Луцьк : Вежа-Друк, 2021. – 76 с.

29. Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів: Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23.02.2006 № 98. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>

30. Loboichenko V., Strelec V. The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*. 2018. Vol. 61r, Iss. 9. P. 43–50.

31. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19>.

32. Стратегія національної безпеки України: Указ Президента України від 26.05.2015 р. № 287/2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>.

33. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII (із змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

34. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні у 2017 році. Укр НДІЦЗ. Київ. 2018. https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2017/%D0%90%D0%9E_2017.pdf.

35. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758. [Електронний

ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF>.

36. Уніфікація науково-методичного забезпечення питань цивільного захисту здобувачів вищої освіти юридичних спеціальностей закладів вищої освіти України: монографія/ За заг. ред. доктора наук, професора Ю.Д. Древалю. – Харків : НУЦЗ України, 2019. 246 с.

37. Шевченко, Р.І. Організаційно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру місцевого та регіонального рівнів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2018. – 372 с.

38. Шевченко Р.І. Підвищення ефективності системи підготовки та стійкості управлінців системи МНС з формування довгострокових прогнозів в умовах кризових ситуацій. Проблеми екстремальної та кризової психології. - Сб. наук. пр. - Харків: НУЦЗУ, 2010. – Вип. 8 - С. – 253-258.

39. Шевченко Р.І. Моделювання процесу виникнення інформаційно-комунікативної критичності тезаурусного типу в системі моніторингу надзвичайних ситуацій. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2016. № 2 (47). – С. 206 – 211.

40. Шевченко Р.І. Формування структури та окремих організаційних рішень з розбудови системи ешелонованого моніторингу у передумовах надзвичайних ситуацій. Системи управління, навігації та зв'язку, 2017. - № 1 (41). – С. 127-131.

41. Шевченко Р.І. Обґрунтування підходів до класифікації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру в контексті розбудови системи моніторингу. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2016. – Вип. 23 - С. 192-207. 282.

274. Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпек. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.

43. Андронов В.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. та інш. Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2010. – Вип. 12 -С. 9-20.

44. Шевченко Р.І. Міжнародний досвід з розбудови та організації системи цивільного захисту. Матеріали Інтернет-конференції «Державне регулювання освітньо-наукового забезпечення підготовки конкурентноспроможних фахівців у сфері цивільного захисту» м. Харків, НУЦЗУ, - С 181-182, [Електрон.ресурс]. – Режим доступу: http://nuczu-conference.com/news/shevchenko_7/2014-03-18-255.

45. Шевченко Р.І. Методологія системи підготовки експертів з питань надзвичайних ситуацій Європейського Союзу. Матеріали 13-ї Всеукраїнської НПК рятувальників. – Київ: 2011. - С. 465-469.

46. Тютюник В.В., Бондарєв М.В., Шевченко Р.І. та інш. Кластерний аналіз території України за основними показниками повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки. Геоінформатика, 2014. – 4(52). – С. 63 – 72.

47. Левтеров О.О., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. та ін. Використання методів імітаційного моделювання під час підготовки керівників ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Управління соціальними системами, 2006, № 2, – С. 89-95.

48. Шевченко Р.І. Проект «Регіональний навчально-тренувальний кризовий центр». Можливості та перспективи. МНС України: сучасний стан та проблемні питання страхового фонду документації, перспективи розвитку та взаємодії. Матер. II НТК. – Харків: 2009. - С. 10-11.

49. Говаленков С.С., Шевченко Р.І. К питанню створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень з попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій в контексті підвищення стійкості керівного складу. Матеріали Інтернет-конференції «Державне регулювання освітньо-наукового забезпечення підготовки конкурентноспроможних фахівців у сфері

цивільного захисту» м. Харків, НУЦЗУ, - С 183-184 [Електроний ресурс]. -
Режим доступу: http://nuczu-conference.com/news/shevchenko_govalenkov/2014-03-18-25

РОЗДІЛ 4. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ МЕТОД ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА МЕДИКО - БІОЛОГЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕРИТОРІЯХ ЯКІ ЗАЗАНАЛИ ВОЄННОГО ВПЛИВУ ШЛЯХОМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В ҐРУНТАХ

4.1. Фізичні умови формування інженерно-технічного методу виявлення негативних факторів накопичення хімічних речовин в ґрунтах об'єктів критичної інфраструктури та територіях які зазнали воєнного впливу.

Спираючись на роботи [1, 2, 3, 4], можна констатувати, що домінуючим наслідком при розповсюдженні хімічних забруднюючих речовин внаслідок надзвичайної ситуації на об'єкті критичної інфраструктури є поширення хімічно-небезпечних речовин понад ГДК за масштабами території об'єкту. Розробка інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах зумовлює необхідність рішення низки окремих задач для визначення фізичних умов формування інженерно-технічного методу виявлення негативних факторів накопичення хімічних речовин в ґрунтах об'єктів критичної інфраструктури та територіях які зазнали воєнного впливу.

4.1.1. Рішення окремої задачі з дослідження стабільності мінерального складу підземних вод. В роботі дослідження сезонних коливань мінерального складу ґрунтів проведено шляхом дослідження сезонних коливань складу природної підземної мінеральної води [5]. Результати хімічного складу води у вигляді середніх арифметичних двох паралельних вимірювань представлені в таблиці 4.1 (n_b – кількість вимірювань), з якої видно, що розкид даних досить значний і для деяких

показників становить 3 – 40 %. Це дозволяє припустити наявність сезонних коливань складу води в ґрунті об'єкта критичної інфраструктури.

Таблиця 4.1.

Макроелементний склад води, мг/л ($n_b=22$).

Дата відбору проб	$\Sigma(\text{Na}^++\text{K}^+)$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Σ йонів
1	2	3	4	5	6	7	8
02.03.1999	39.7	19.0	94.0	11.0	40.0	488.0	602.0
16.06.1999	38.8	21.0	96.0	13.0	10.0	450.0	620.0
13.07.1999	39.2	18.0	86.0	18.0	58.0	415.0	634.0
22.12.1999	39.6	24.0	93.0	9.0	86.0	470.0	722.0
14.08.2000	31.0	17.0	104.0	10.5	10.0	445.0	618.0
20.06.2001	56.0	19.0	92.0	10.0	29.0	464.0	670.0
24.10.2001	40.0	21.5	91.0	13.4	19.5	439.0	624.0
30.01.2002	34.0	25.0	95.0	15.0	10.0	464.0	643.0
04.06.2002	54.0	18.0	101.0	16.0	10.0	488.0	687.0
05.11.2002	38.0	27.0	105.0	16.0	39.0	476.0	701.0
19.05.2004	49.1	16.5	110.0	12.0	39.0	470.0	696.6
19.10.2004	53.0	23.0	97.0	14.0	42.0	464.0	785.0
24.05.2005	44.0	39.0	82.0	9.0	56.0	482.0	712.0
12.10.2005	28.3	23.0	94.0	11.0	10.0	464.0	630.3
11.05.2006	39.0	21.0	92.0	9.0	39.0	457.0	657.0
20.06.2006	34.6	24.0	93.0	12.0	47.0	464.0	674.6
26.09.2006	48.5	24.0	93.0	10.5	49.5	451.0	676.5
12.12.2006	31.2	35.0	114.0	11.0	45.0	457.0	693.2

Закінчення таблиці 4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
13.03.2007	42.0	30.0	104.0	10.5	40.0	476.0	702.5
06.06.2007	55.0	8.5	104.0	10.5	45.0	464.0	687.0
27.09.2007	34.4	17.0	103.0	7.0	48.0	445.0	654.4
25.12.2007	42.0	26.5	97.0	11.0	67.0	476.0	719.5
\hat{c}	41.4	22.6	97.3	11.8	38.1	462.2	673.2
c_{\max}	56.0	39.0	114.0	18.0	86.0	488.0	785.0
c_{\min}	28.3	8.5	82.0	7.0	10.0	415.0	602.0
S	8.1	6.5	7.6	2.7	20.3	17.1	43.5
$S_r, \%$	19.6	28.9	7.8	22.8	53.2	3.7	6.5

Протягом року за кожним показником бралися 4 реперні точки: зима, весна, літо, осінь. По кожній з цих точок перевірили наявність грубих промахів з використанням Q-критерію. У розрахунках використовували стандартні статистичні підходи обробки результатів хімічного аналізу.

Усереднені значення за кожним показником представлені в таблиці 4.2.

Як видно з таблиці 4.2 і рис. 4.1 [5], вміст кожного з макроелементів в воді має свою залежність від сезону, що не корелює явно з концентраціями інших іонів.

Таблиця 4.2.

Усереднений макроелементний склад води по сезонах (мг/л).

Показник якості води	Назва сезону			
	Зима, $n_B = 4$, $P=0,90$	Весна, $n_B = 5$, $P=0,90$	Літо, $n_B = 7$, $P=0,90$	Осінь, $n_B = 6$, $P=0,90$
$\sum (Na^+ + K^+)$	37 ± 6	43 ± 4	44 ± 8	41 ± 8
Mg^{2+}	28 ± 6	25 ± 9	18 ± 4	23 ± 3
Ca^{2+}	100 ± 11	96 ± 10	97 ± 5	97 ± 5
Cl^-	$10 \pm 2^*$	10 ± 1	13 ± 2	12 ± 3

SO_4^{2-}	52 ± 38	43 ± 7	38 ± 14	35 ± 13
HCO_3^-	467 ± 10	475 ± 11	456 ± 17	457 ± 11
\sum йонів	694 ± 43	674 ± 43	656 ± 23	$657 \pm 31^{**}$

* $n_B = 3$, ** $n_B = 5$

Переважаюча концентрація гідрокарбонатів визначає зміна сумарної концентрації іонів з екстремумами «влітку» і «взимку». Тобто явних залежностей коливань складу води від сезону не спостерігається.

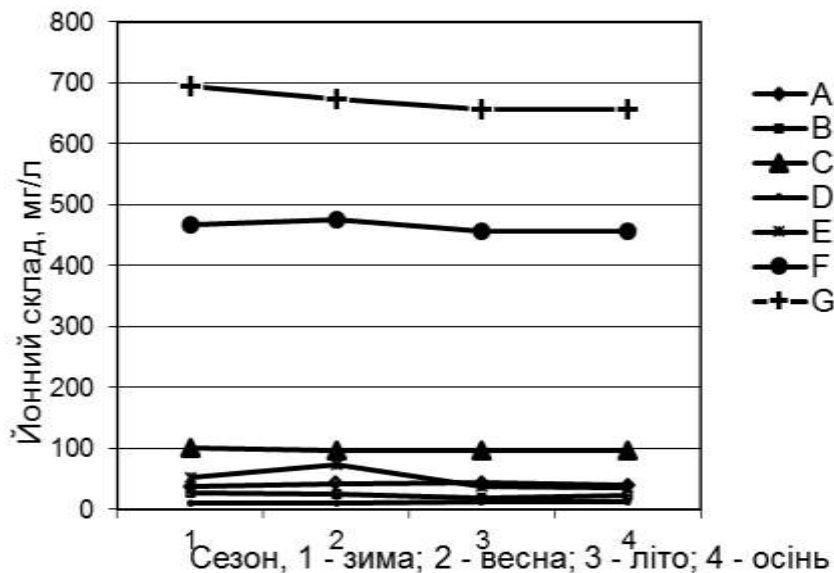


Рис. 4.1. Сезонні коливання складу води. А - $\sum (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$; В - Mg^{2+} ; С - Ca^{2+} ; D - Cl^- ; E - SO_4^{2-} ; F - HCO_3^- ; G - \sum йонів.

Далі розглянуті співвідношення іонів між собою в залежності від сезону. Для зручності обробки результатів дані перераховані в ммоль-екв/л. Результати представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Усереднений макроелементний склад води (ммоль-екв/л).

Показник якості води	Назва сезону			
	Зима, $n_B = 4$, P = 0.90	Весна, $n_B = 5$, P = 0.90	Літо, $n_B = 7$, P = 0.90	Осінь, $n_B = 6$, P = 0.90
$\Sigma (Na^+ + K^+)$	0.59	0.69	0.71	0.65
Mg^{2+}	2.30	2.09	1.49	1.88
Ca^{2+}	4.99	4.82	4.83	4.86
Cl^-	0.29*	0.29	0.36	0.34
SO_4^{2-}	1.08	0.89	0.79	0.72
HCO_3^-	7.65	7.78	7.47	7.48

* $n_B = 3$

Виходячи з даних табл. 4.3, співвідношення еквівалентних змістів іонів (в ммоль/л), представлені у вигляді відносин змісту показника якості води до найменшого вмісту показника якості води (Cl^-) будуть виглядати наступним чином (табл. 4.4).

Таблиця 4.4.

Співвідношення еквівалентних змістів іонів (в ммоль/л) в залежності від сезону.

Показник якості води	Назва сезону			
	Зима	Весна	Літо	Осінь
$\Sigma (Na^+ + K^+)$	2.04	2.38	1.98	1.92
Mg^{2+}	7.93	7.21	4.14	5.54
Ca^{2+}	17.21	16.62	13.42	14.29
Cl^-	1.00	1.00	1.01	0.99
SO_4^{2-}	3.74	5.23	2.19	2.13
HCO_3^-	26.39	26.83	7.47	22.01

При округленні отримаємо сезонні «формули» води, представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Округлені співвідношення еквівалентних змістів іонів в залежності від сезону.

Показник якості води	Співвідношення йонів	Назва сезону
$\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} : \sum (\text{Na}^+ + \text{K}^+) : \text{Mg}^{2+} : \text{Ca}^{2+} : \text{HCO}_3^-$	1:4:2:8:17:26	Зима
	1:5:2:7:17:27	Весна
	1:2:2:4:13:22	Літо
	1:2:2:6:12:22	Осінь

Виходячи з даних таблиці 4.5, можна сказати, що концентрації сульфатів, гідрокарбонатів, магнію і кальцію зменшується влітку і восени. Однак при цьому слід врахувати, що точність визначення сульфатів дуже низька, якість хімічного аналізу (турбідиметрія) не задовольняє вимогам ДСТУ ГОСТ 27384:2005 за похибкою визначення сульфатів (табл. 4.6). Також не відповідають цим вимогам дані за хлоридами, магнієм, сумарним вмістом калію і натрію.

Таблиця 4.6. Макроелементний склад води ($n_b = 16 - 20$).

Характеристика	$\sum(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
\hat{c} , мг/л	41.4	22.5	96.8	11.7	43.9	463.3
\hat{C} , моль-екв/л	0.67	1.87	4.84	0.33	0.92	7.60
S_r , %	17.5	21.1	6.3	18.6	25.4	2.8
ΔS_r , %	2.1	7.8	1.5	4.2	27.8	0.9
$\pm \delta_n^*$, %	-	15	15	15	10	15

Як можливу причину невиявлення коливань складу води можна припустити недостатню точність визначення компонентів. Для зниження похибки результату визначення в вибірці (табл. 4.1) виключили максимальні і мінімальні концентрації іонів. Усереднені значення концентрацій досліджених компонентів представлені в таблиці 4.6 [5].

Найбільша зміна S_r в порівнянні з даними табл. 4.1 спостерігається для іонів магнію ($\Delta S_r = 7.8 \%$), хлоридів ($\Delta S_r = 4.2 \%$) і сульфатів ($\Delta S_r = 27.8 \%$), а найменші - для гідрокарбонатів ($\Delta S_r = 0.9 \%$) і кальцію ($\Delta S_r = 1.5 \%$). Можна припустити сезонну стабільність складу води в відношенні іонів кальцію, натрію, калію і гідрокарбонатів. Однак при такому підході все одно спостерігається перевищення розрахункового значення S_r в порівнянні з регламентованим нормативом якості для сульфатів, хлоридів і іонів магнію.

Додатково провели оцінку вихідної вибірки (табл. 4.1) на викиди за кожним йоном з використанням критерію Граббса (G). При цьому робимо припущення, що всі визначені значення концентрації для кожного компонента досить рознесені в часі, щоб прийняти їх як результати, отримані в різних лабораторіях. Результати обробки таких виборок представлені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7. Перевірка даних на викид за критерієм Граббса ($n = 22$).

Характеристика	$\Sigma(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Σ йонів
\hat{c} , мг/л	41.4	22.6	97.3	11.8	38.1	462.2	673.2
S , мг/л	8.1	6.5	7.6	2.7	20.3	17.1	43.5
G_{\max}	1.798	2.510	2.192	2.308	2.358	1.509	2.569
G_{\min}	1.620	2.156	2.002	1.781	1.386	2.766	1.635
$G_{\text{крит}} > 1 \%$	3.060						
$G_{\text{крит}} > 5 \%$	2.758						

Порівнявши розрахункові і табличні значення G , бачимо, що квазівикид, тобто розрахункове значення критерію Граббса, яке більше 5 % -вого критичного значення і менше (або дорівнює) 1 % -вого критичного значення табличних критеріїв Граббса, спостерігається тільки для мінімального значення гідрокарбонатів ($G_{\min} = 2,766$), тоді як інші результати визначення є частиною вибірки і не можуть бути відкинуті.

Проаналізувавши можливі технічні помилки, що призвели до виникнення даного квазівикиду (некоректність виконання вимірювання, помилка в розрахунках, описка тощо) з'ясовано, що всі етапи аналізу і оформлення результатів виконані правильно. Мінімальне значення концентрації гідрокарбонатів залишаємо в виборці як коректну позицію.

Для скорочення часу дослідження сезонних коливань і підтвердження стабільності складу далі доцільно використовувати параметр електропровідності і коефіцієнт ідентифікації K_{Id} , де K_{Id} розраховують як нахил функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення.

4.1.2. Рішення окремої задачі з відбору проб ґрунту та приготування водної витяжки. У якості досліджуваних об'єктів виступали чорноземи Лозівського району Харківської області (рис. 4.2). Моніторинг стану ґрунтів та водних об'єктів відбувався восени 2014 р. та навесні 2015 р. Проби ґрунту відбирали на глибині 25 -30 см, де зосереджений найбільший вміст загальної маси коренів сільгоспрослин (зернові) і, відповідно, цей шар є найбільш метаболічно активним [6]. Оскільки за параметром мінералізації відсутні данні ГДК та ОДК (орієнтовно допустимі концентрації) для ґрунтів то в якості точки порівняння використовували фонове значення цього параметра [7].

Проби ґрунту з кожного поля відбирали методом «конверту». Далі ці проби об'єднували, доводили до повітряно-сухого стану. Шляхом квартування отримували репрезентативну пробу, яку далі подрібнювали, пропускали через сито з круглими отворами діаметром 2 мм та диспергували у фарфоровій

ступці шляхом розтирання до середнього розміру часток 250 мкм. Далі готували водну суспензію та вимірювали її мінералізацію. Кількість репрезентативних точок вказана на рис. 4.2 і складає 8. Проби непорушеного ґрунту для точки порівняння відбирали в лісопосадці (т. 9, рис. 4.2).

Для приготування водної витяжки ґрунту (1:5) наважку аналітичної проби масою 50 г заливали 250 мл дистильованої води, 5 хвилин перемішували шляхом збовтування, відстоювали 10 хвилин і фільтрували з використанням фільтру «синя стрічка».

При відборі проб ґрунту слід також враховувати серед особливостей ведення сільгоспдіяльності, також культуру, що прозростала на даних ґрунтах [8].



Рис. 4.2. Досліджувані сільгоспугіддя. 1 – 8 точки відбору зразків з полів, 9 – точка порівняння (лісопосадка), 10 – фермерське господарство.

4.1.3. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту. У якості об'єктів дослідження виступали зразки ґрунту, відібрані на відстані 1, 2, 3, 10, 20 м від джерела потенційної НС у північному, південному, західному та східному напрямках на глибині 15 – 25 см у 2018 р. [9]. Для північного та західного напрямків внаслідок особливостей рельєфу проби ґрунту на відстані 10 м та 20 м не було відібрано. Як реперні точки обрано фонові ділянки ґрунту поза межами впливу джерела потенційної НС, в лісопосадці (точка «ліс») та в розораному полі (точка «поле»).

Рішення окремої задачі математичної моделі з попередження надзвичайної ситуації полягає у визначенні електропровідності та коефіцієнта ідентифікації досліджуваних зразків ґрунту й у визначенні потенційних шляхів розповсюдження хімічно-небезпечних речовин в ґрунті.

Наважку підготовленого ґрунту заливаємо дистильованою водою у співвідношенні ґрунт: вода = 1:5, перемішуємо суспензію, відстоюємо та фільтруємо. Визначаємо електропровідність отриманої водної витяжки. Час аналізу не перевищує 30 хв.

Електропровідність виступає загальною характеристикою сумарного вмісту розчинних речовин в розчині та пов'язана з мінералізацією через коефіцієнти 0,55 – 0,75, які обираються емпірично в залежності від типу вод. Вимірювання електропровідності здійснюється шляхом занурення датчику кондуктометра у досліджуваний розчин згідно інструкції з експлуатації на прилад та відповідних нормативних документів. Через 10 – 20 секунд знімаються показання з дисплею приладу. Після кожного визначення датчик ретельно промивають дистильованою водою. Для кожного зразка отримуємо 5 паралельних значень електропровідності, результати обробляємо стандартними статистичними методами для вірогідності $P = 0,95$. Характеристикою похибки виступає відносне стандартне відхилення S_r [9].

Прикладом рішення окремої задачі може виступати дослідження ґрунтів в межах розташування ще одного потенційного джерела потенційної НС [10].

Для дослідження використовувались відібрані методом «конверту» проби ґрунту (1 – 4) (рис. 4.3) на відстані безпосередньо 1 м від джерела потенційної НС з чотирьох боків. Проби були висушені сухо-повітряним способом та гомогенізовані. Наважки ґрунту масою 50 г використовувались для приготування водних суспензій (1:5), що відфільтровувались крізь фільтр «синя стрічка». Для отриманих водних витяжок виміряні питомі електропровідності та розраховані коефіцієнти ідентифікації K_{Id} .

Всі процедури з отримання водних витяжок та розведених водних розчинів на їх основі виконані з використанням дистильованої води.

Відібрані методом «конверту» проби ґрунту в межах джерела потенційної НС дозволяють провести експериментальні дослідження водних витяжок ґрунтів поблизу джерела потенційної НС.



а)

б)

Рис. 4.3. а) джерело потенційної НС; б) місця відбору проб ґрунту поблизу джерела потенційної НС - точки 1, 2, 3, 4.

Рішення задачі передбачає наступні операції: вимірювання електропровідності вихідного розчину, послідовне розведення досліджуваного розчину з вимірюванням питомої електропровідності після кожного

розведення, побудову залежності «ступінь розведення – зворотна електропровідність розчину» та розрахунок коефіцієнта ідентифікації (K_{Id}) як тангенса кута нахилу цієї залежності. За рахунок використання розчинника - дистильованої води та за відсутності необхідності додаткових реагентів підхід є екологічно безпечним та простим у реалізації. Одиничне дослідження триває 5 - 7 хвилин.

Кількість вимірювань для кожної проби $m'' = 3$.

Середнє значення вимірюваної величини x_{mdl} дорівнює:

$$x_{mdl} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m''}, \quad (3.37)$$

де x_i – одиничне значення досліджуваної величини (питомої електропровідності (мкСм/см) або коефіцієнту ідентифікації);

m'' - кількість одиничних визначень i для однієї проби, $m'' = 3$.

Враховуючи те, що питома електропровідність (\varkappa), (См/см) являє собою величину, що зворотно пропорційна опору розчину

$$\varkappa = \frac{l}{S'R}, \quad (3.38)$$

де l - відстань між електродами, см;

S' - площа електродів, см²;

R - опір розчину, Ом,

значення мінералізації (сумарного солевмісту) C (мг/дм³), можна розрахувати з використанням питомої електропровідності \varkappa і навпаки. Вони пов'язані наступною залежністю:

$$\varkappa = A \times C, \quad (4.1)$$

де A – числовий коефіцієнт, що залежить від типу вод, $A = (0,55 \div 0,75)$.

Розраховані усереднені значення питомих електропровідностей та $S_r(\varepsilon)$ для водних витяжок досліджуваних проб, усереднені значення коефіцієнтів ідентифікації $K_{Id\ mdl}$ водних витяжок ґрунту та $S_r(K_{Id})$. Результати наведені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8. Отримані значення K_{Idcp} , ε_{cp} , $S_r(\varepsilon)$ та $S_r(K_{Id})$ для досліджуваних водних витяжок ґрунту.

№ проби	1	2	3	4
Коефіцієнт ідентифікації $K_{Id\ mdl}$	1,02	3,00	8,05	13,54
$S_r(K_{Id})$, %	0,8	2,8	3,5	2,6
ε_{mdl} , мкСм/см	943	343	124	92
$S_r(\varepsilon)$, %	1,6	2,2	1,4	4,1

Загальний вигляд величини оберненої електропровідності ($1/\varepsilon$), (см/мСм) від ступеня розведення для досліджуваних водних витяжок n представлено на рис. 4.4. Представлені залежності описуються рівняннями виду $y = C^*z^* + D^*$, де коефіцієнт C^* при z^* і є тангенсом кута нахилу прямої, та, відповідно, числовим значенням коефіцієнту ідентифікації.

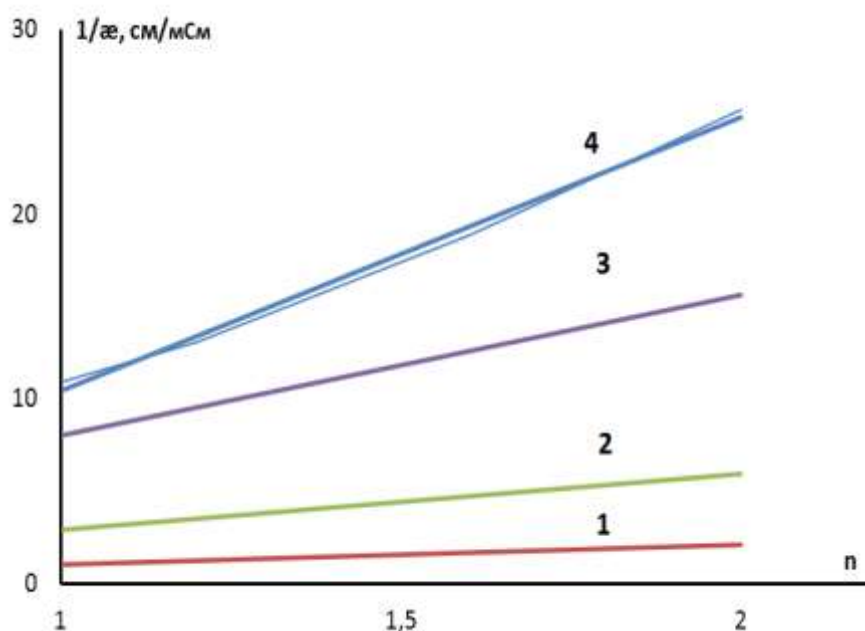


Рис. 4.4. Залежності величини оберненої електропровідності ($1/\alpha$, см/мСм) від ступеня розведення досліджуваних водних витяжок n , відповідно, для проб ґрунту 1 – 4.

Аналіз отриманих результатів (рис. 4.4, табл. 4.8) показує, що ґрунт біля джерела потенційної НС забруднений нерівномірно.

Якщо прийняти, що найменш забрудненою розчинними мінеральними речовинами виступає проба 4 (характеризується мінімальним значенням електропровідності, та, відповідно, найменшим солевмістом), то можна констатувати 10-кратне перевищення хімічно-небезпечних речовин в пробі точки 1. Коефіцієнт ідентифікації є характеристикою загального вмісту хімічно-небезпечних речовин, що знаходяться у досліджуваному водному розчині у певних співвідношеннях. Розведення розчину дистильованою водою змінює лише концентрацію цих речовин, їх співвідношення при цьому залишається незмінним. Тобто, коефіцієнт ідентифікації характеризує певне постійне співвідношення хімічних речовин в досліджуваному розчині. За умов постійності хімічного складу проб коефіцієнти ідентифікації повинні бути подібними. Відсутність тотожності K_{id} між досліджуваними зразками вказує на різноплановість вмісту хімічно-небезпечних речовин в відібраних пробах.

Гідроізолюваність джерела потенційної НС передбачає потрапляння мінеральних речовин в прилеглий ґрунт лише шляхом їх вимивання з джерела дощовими або талими водами, які є найбільш чистими і за солевмістом наближаються до дистильованої.

За умов подібного складу хімічно-небезпечних речовин, що потрапляють в ґрунт з джерела потенційної НС, коефіцієнти ідентифікації водних витяжок досліджуваних проб були б подібні, що не спостерігається. Тобто, в ґрунті потрапляє різномісна суміш хімічно-небезпечних речовин з території джерела потенційної НС. Значний розбіг значень електропровідностей може вказувати на виток хімічно-небезпечних речовин в т. 1 поблизу джерела потенційної НС, який може бути посилений рельєфом місцевості. Зокрема, розташування т. 1 (рис. 4.3 б)) над рівнем моря найнижче порівняно з точками 2 – 4, що зумовлює додатковий природний стік поверхневих та ґрунтових вод в цьому напрямку.

Різні значення електропровідностей та коефіцієнтів ідентифікації в досліджуваних пробах ідентифікують наявність потенційного джерела небезпеки в межах розташування т.1 з можливим подальшим забрудненням ґрунтових вод.

Для запобігання виникнення надзвичайної ситуації, пов'язаної з витоком хімічно-небезпечних речовин в ґрунті та ґрунтові води рекомендується в межах точки 1 забезпечити додатково гідроізоляцію поверхневих ґрунтів.

Аналіз отриманих результатів показав суттєву відмінність хімічного складу хімічно-небезпечних речовин, які потрапляють в довкілля з джерела потенційної НС, що дозволяє стверджувати про здатність використання підходу для визначення потенційно небезпечних ділянок можливого джерела надзвичайної ситуації природного чи техногенного характеру. Запропонований підхід не потребує спеціальних навичок та може бути використаний фахівцями підрозділів ДСНС України та відповідних служб інших держав при визначенні змін стану ґрунтів та прогнозуванні можливих надзвичайних ситуацій, пов'язаних з забрудненнями ґрунтів.

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

В роботі проаналізовано потенційний вплив порушення технологічних процесів на низці виробництв на ґрунти внаслідок накопичення в них хімічно-небезпечних речовин [11].

В функціонуванні більшості виробничих процесів умовно можна виділити три рівня (рис. 4.5), а саме, підготовчі процеси (I рівень), основні процеси (II рівень), фасування та транспортування (III рівень) [3].

Кожен рівень характеризується своїми технологічними процесами, які включають один або декілька блоків. Нижче розглянуто типові схеми виробництв з домінуючою небезпекою окремих рівнів, порушення технологічних процесів на яких можуть спричиняти техногенні надзвичайні ситуації, пов'язані з потраплянням хімічно-небезпечних речовин в ґрунт (або ґрунтові води).



Рис. 4.5. Схема рівнів типового виробничого процесу об'єкта критичної інфраструктури.

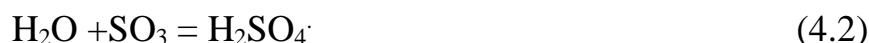
На рис. 4.6 наведено схему виробництва з домінуванням небезпеки II рівня.



Рис. 4.6. Схема технологічного процесу виробництва з домінуванням небезпеки II рівня.

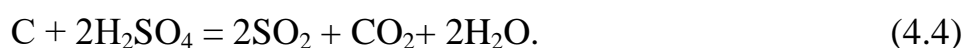
Якщо умовно розділити це виробництво на блоки 1-5, то можна констатувати, що в блоці 1 «Подання газу, що містить вуглекислий газ» (I рівень) мають місце фізичні процеси поглинання оксиду вуглецю (IV) з повітря та буде спостерігатись відсутність забруднення ґрунтів внаслідок потрапляння в них хімічно-небезпечних речовин. На рівень основних процесів (II рівень) віднесено блоки 2 – 4. В блоці 2 «Отримання вуглекислого газу» також мають місце фізичні процеси вилучення вуглекислого газу та відсутність забруднення ґрунтів. Блок 3 «Очищення вуглекислого газу» включає очищення вуглекислого газу з застосуванням концентрованої сульфатної кислоти від парів води.

При цьому відбувається така реакція:



Пошкодження обладнання та невраховані втрати сульфатної кислоти можуть привести до її накопичення в ґрунті й подальшого розвитку надзвичайної ситуації, пов'язаної з потраплянням хімічно-небезпечних речовин в навколишнє середовище понад ГДК.

Концентрована сульфатна кислота може також взаємодіяти з органічними складовими та вуглецем ґрунту, спричиняючи, відповідно, дегідратацію води та обвуглювання (хімічне рівняння (4.3)) та утворення газів (хімічне рівняння (4.4)):



Блоки 4 «Компрумування вуглекислого газу» та 5 «Фасування вуглекислоти» пов'язані зі зрідженням вуглекислого газу та фасуванням рідкої вуглекислоти. Можливі витіки оксиду вуглецю (IV) в першу чергу будуть відбуватись у повітря та, відповідно, малоімовірний процес його накопичення в ґрунті. Тобто, порушення технологічних процесів в блоці 3 «Очищення вуглекислого газу» (рівень II, основні процеси) може стати причиною надзвичайної ситуації, пов'язаної з накопиченням хімічно-небезпечних речовин у ґрунті.

Якщо умовно розглянути процес виробництва з домінуванням небезпеки I та II рівня (виробництво таблетованого препарату) (рис. 4.7), то можна зазначити, що пошкодження обладнання та втрати в блоці 1 «Підготовка сировини» можуть привести до накопичення в ґрунті діючої сировини таблетованого препарату. В блоці 2 «Приготування зволожувача», де має місце приготування розчинника, може відбуватись вже витік іншої речовини. Обидва блоки відносяться до рівня I (підготовчі процеси).

Блоки 3, 4, 5, 6, 7 об'єднані на рівні II (основні процеси), який складається з двох елементів. Перший елемент включає блоки 3 «Змішування та зволоження суміші», 4 «Вологе гранулювання та сушка гранулята», 5 «Сухе гранулювання та калібрування гранул», на яких має місце наявність як розчинника, так і таблетованого препарату, що можуть одночасно

просочуватись в ґрунт при порушенні технологічного процесу на цих етапах. Блоки 6 «Опудрення гранулята» та 7 «Таблетування та знепилення» можна віднести до другого елементу, оскільки хімічні речовини, що використовуються при цьому, мають значно менший обсяг і в більшості випадків є інертними та безпечними для людини та довкілля.

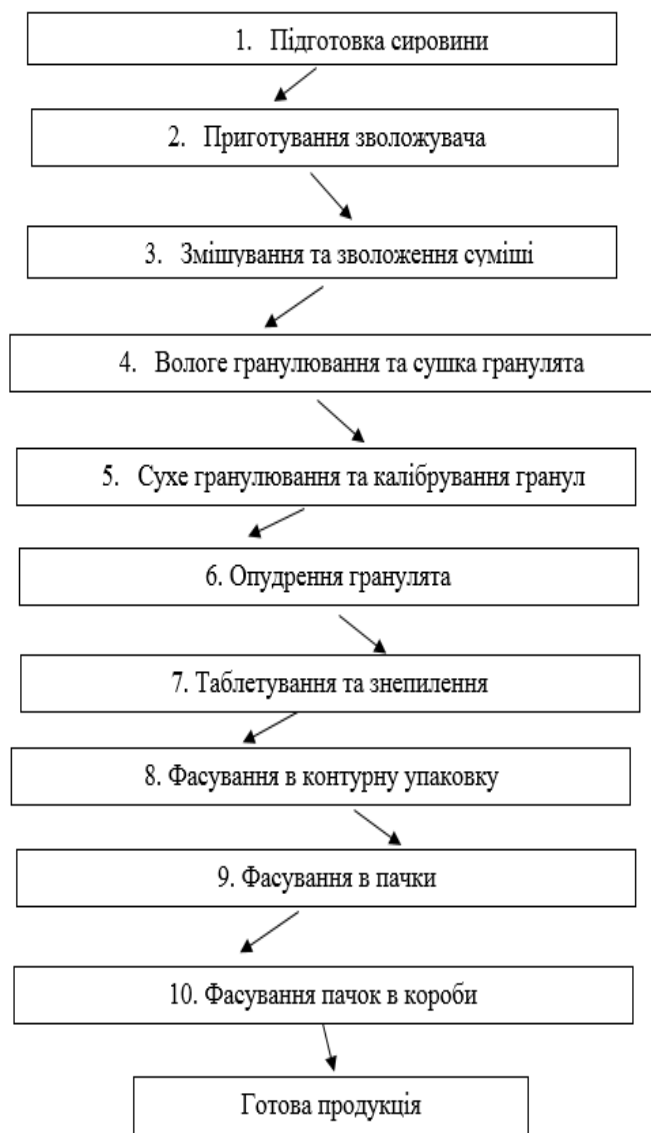


Рис. 4.7. Схема технологічного процесу виробництва з домінуванням небезпеки I та II рівня.

Блоки 8 «Фасування в контурну упаковку», 9 «Фасування в пачки» та 10 «Фасування пачок в короби», що відносяться до рівня III (фасування та

транспортування), не спричиняють значимого потрапляння хімічно-небезпечних речовин в ґрунт з їх подальшим там накопиченням.

Загалом, для кожної із зазначених виробничих схем наявність відповідних хімічно-небезпечних речовин в ґрунті при порушенні технологічних процесів можна охарактеризувати виразом вигляду:

$$C_j = \sum_{i=1}^N C_{j' i'}, j' = 1 \dots M', I = 1 \dots N, \quad (4.5)$$

де C_j – сумарний вміст хімічно-небезпечних речовин (моль/л) в ґрунті на j' -тому етапі виробництва;

C_{ji} – концентрація i' -ї хімічно-небезпечної речовини (моль/л) в ґрунті на j' -тому етапі виробництва.

Враховуючи підходи до ідентифікації та методів попередження надзвичайної ситуації, викладені в [9, 10], та зв'язок концентрації з електропровідністю, можна зазначити, що коефіцієнт ідентифікації небезпеки K_{Id} буде мати наступний вигляд для кожного j' -того етапу досліджуваного виробництва:

$$K_{Idj} = f_{hd} \cdot \alpha_j = F_{hd} (C_j) = \sum_{i=1}^N C_{j' i'}, \quad (4.6)$$

де α - питома електропровідність (мСм/см).

Виходячи з вищесказаного, схема керуючого алгоритму інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах буде мати вигляд, представлений на рис. 4.8.

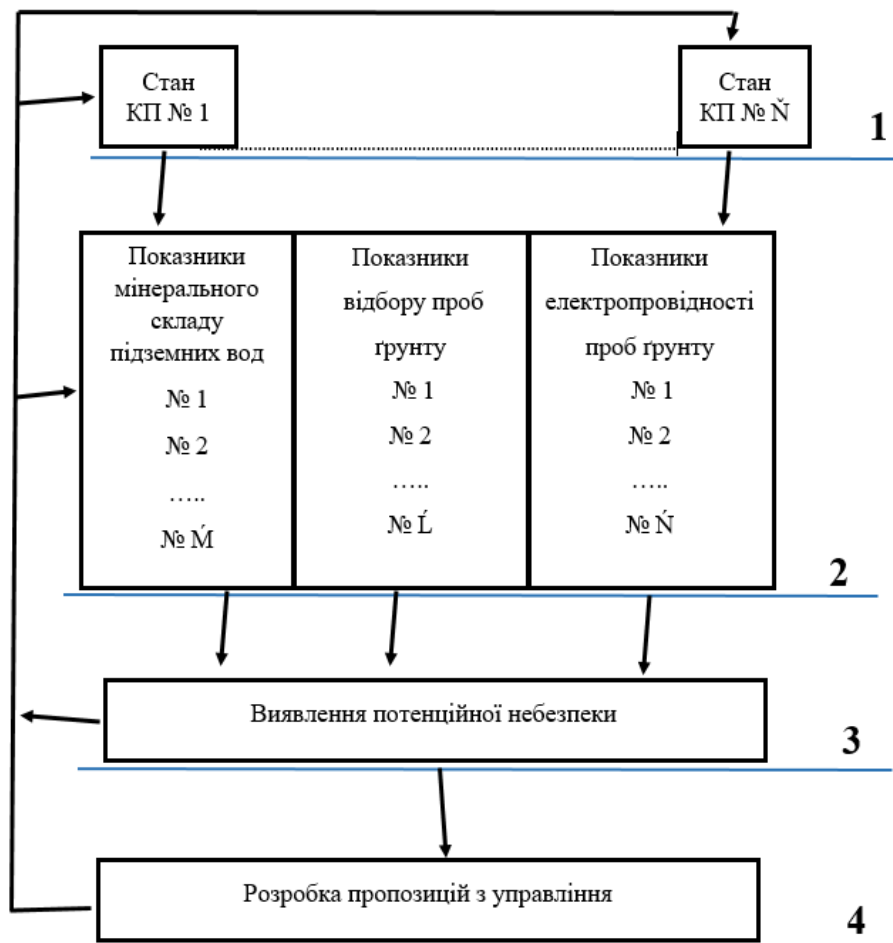


Рис. 4.8. Схема керуючого алгоритма інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах.

На першому рівні розташована множина блоків «Стан КП № 1... N», де КП – контрольний пункт, в якому здійснюється відбір проб ґрунту для подальшого аналізу. Кількість блоків визначається числом контрольних пунктів. Це число залежить від конкретного підприємства, фізико-географічних та інших регіональних особливостей району, а також факторів, що забезпечують надійність виявлення розповсюдження хімічно-небезпечних речовин в ґрунтах.

На другому рівні розташовані блоки «Показники мінерального складу підземних вод № 1... M», «Показники відбору проб ґрунту № 1... L», «Показники електропровідності проб ґрунту № 1... N».

На третьому рівні розташований блок «Виявлення потенційної небезпеки». З цього блоку зворотні зв'язки йдуть на другий рівень, де уточняється вибір показників, та на перший рівень, в блок «Стан КП № 1...Н», де необхідно брати додаткові проби.

На четвертому рівні розташований блок «Розробка пропозицій з управління», де формуються пропозиції управлінських рішень, що попереджують надзвичайну ситуацію техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Таким чином, керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах реалізує відповідну розроблену математичну модель та складається з чотирьох типів блоків, розташованих на чотирьох ієрархічних рівнях, зв'язаних прямими й зворотними логічними зв'язками чим забезпечується неперервний процес попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

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.

Використання інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах передбачає реалізацію декількох процедур [12, 13].

Інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах призначений для попередження НС техногенного характеру [14] й дозволяє скоротити кількість наслідків НС

першого та другого рівнів пріоритетності та не допустити переростання останньої на місцевий рівень поширення небезпеки

Використання методу передбачає виконання наступних семи процедур.

1. Збір і систематизація даних щодо стану ґрунтів.
2. Формалізація систематизованих даних щодо стану ґрунтів.
3. Рішення окремої задачі з дослідження стабільності мінерального складу підземних вод;
4. Рішення окремої задачі з відбору проб ґрунту та приготування водної витяжки;
5. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту.
6. Прийняття управляючого рішення щодо стану ґрунтів.
7. Контроль виконання прийнятого рішення.

Перша процедура «Збір і систематизація даних щодо стану ґрунтів» спрямована на збір даних щодо стану ґрунтів поблизу джерела небезпеки та отримання інформації про стан показників небезпеки джерела потенційної НС у конкретний проміжок часу. Систематизація інформації щодо стану ґрунтів передбачає таку обробку інформації з метою приведення її до певного виду, яка дозволяє представнику ДСНС (оператор чи керівник з ліквідації наслідків НС) відповідно відреагувати на зібрану інформацію та виробити надалі адекватне управлінське рішення.

Друга процедура «Формалізація систематизованих даних щодо стану ґрунтів» полягає у спрощенні та прискоренні процедури подальшої обробки даних, що отримані в процесі збору інформації. Вона спирається на такі принципи, як зручність у використанні, простота, структурованість, необхідність, наглядність, безпечність, стислість, доцільність використання.

Третя процедура «Рішення окремої задачі з дослідження стабільності мінерального складу підземних вод» розглянута вище в цьому розділі та передбачає забезпечення відносної міри достатності отриманих даних від показників небезпеки джерела потенційної НС для прийняття управляючого

рішення щодо кількості та якості заходів із протидії поширенню наслідків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Четверта процедура «Рішення окремої задачі з відбору проб ґрунту та приготування водної витяжки» розглянута вище в цьому розділі та передбачає оцінку ефекту застосування цього методу під час поширення наслідків першого та другого рівнів пріоритетності.

П'ята процедура «Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту» розглянута вище в цьому розділі та передбачає забезпечення суб'єктивної міри достатності отриманих даних від показників небезпеки джерела потенційної НС для прийняття управляючого рішення щодо кількості та якості заходів із протидії поширенню наслідків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

При виконанні п'ятої процедури можуть мати місце два варіанти її реалізації залежно від значень мінералізації (електропровідності) зразків ґрунту:

Варіант 1. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту, що включає ідентифікацію водного розчину середньої чи високої мінералізації. Ця процедура забезпечується шляхом визначення питомої електропровідності розчину, що аналізують, надалі виконують послідовне розведення вихідного розчину у кратну кількість разів, вимірюють електропровідність (чи опір) кожного розчину, будують залежність у параметрах «ступінь розведення – обернена електропровідність (опір) розчину», та знаходять тангенс кута нахилу цієї залежності, який і є коефіцієнтом ідентифікації даного розчину (K_{Id}). Для ідентифікації використовують коефіцієнт ідентифікації та електропровідність вихідного розчину. Таке виконання дозволяє ідентифікувати водні розчини за коефіцієнтом ідентифікації та електропровідністю вихідного розчину.

Електропровідність розчину залежить від концентрації розчинених в ньому електролітів. Одно- та двозарядні катіони та аніони по різному виявляють залежність електропровідності від концентрації [15]. Постійність

співвідношення концентрацій катіонів та аніонів в одному й тому ж зразку води при розведенні зумовлює строго індивідуальний нахил залежності оберненої електропровідності від кратності розведення для даної води.

Приклад реалізації першого варіанту п'ятої процедури наведено нижче:

1. Відбирають аліквоту розчину, що аналізують та вимірюють його електропровідність з урахуванням температурного коефіцієнту.

2. Проводять розведення в кратну кількість разів (наприклад, в 5, 10, 25, 50; 100 разів; або в 4, 16, 32, 64 разів і. т. п.) вихідного розчину і вимірюють електропровідність вихідного та розведених розчинів.

3. Будуть залежність у координатах «ступінь розведення – обернена електропровідність розчину».

4. Розраховують тангенс кута нахилу отриманої залежності. Це і є коефіцієнт ідентифікації (K_{Id}) розчину, що аналізують.

5. Для ідентифікації використовують K_{Id} та електропровідність вихідного розчину.

Кожний різновид водних розчинів має свій K_{Id} . При подальших вимірюваннях невідомих розчинів можна за відомими K_{Id} ідентифікувати водний розчин, що аналізують [16]. На основі аналізу отриманих даних можна ідентифікувати хімічні речовини в ґрунтах та отримувати об ґрунтовану інформацію щодо умов поширення НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Як недоліки запропонованої процедури 5.1 можна відмітити наступне:

- застосовується для розчинів середньої та високої мінералізації;
- при застосуванні зазначеної процедури для розчинів з меншою мінералізацією функціональна залежність оберненої електропровідності від ступеня розведення n , де $n = (2 \div 100)$ раз, має непрямий вид, що ускладнює обчислення коефіцієнту ідентифікації.

Тому, за умови наявності слабомінералізованих водних розчинів запропоновано реалізацію в межах використання інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах

критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах другого варіанту п'ятої процедури:

Варіант 2. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту, що включає ідентифікацію прісних водних розчинів та слабомінералізованих водних розчинів [17].

Різний електролітний вміст зумовлює різноманітність мінерального складу природних вод. Індивідуальні умови формування природних вод та ґрунтів зумовлюють їх унікальний аніонний та катіонний склад. Зразок водного розчину (витяжки) за певним значенням параметрів (аніонний та катіонний склад, рН, мінералізація, електропровідність, нахил функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення і т.п. [18]) чи за їх сукупністю можна віднести до певного різновиду водних розчинів (ґрунтів).

Прісні водні розчини та слабомінералізовані водні розчини мають свій постійний індивідуальний іонний склад, але вміст розчинних солей в них менший порівняно з водними розчинами середньої та великої мінералізації.

При розведенні прісних водних розчинів та слабомінералізованих водних розчинів в кратну кількість разів ($n = (2 \div 100)$) залежність оберненої електропровідності від ступеня їх розведення має виражений нелінійний характер та описується поліноміальними рівняннями третього порядку. Як приклад, на рис. 4.9 наведено залежності оберненої електропровідності ($1/\kappa$) від ступеня розведення n ($n = (2 \div 100)$) для води (1), (2), (3) і, відповідно, поліноміальні (1а, 2а, 3а) та лінійні (1б, 2б, 3б) описи цих залежностей. Отримані з цих лінійних залежностей K_{1d} не можуть виступати характеристикою відповідних вод, оскільки наведені прямі (1б, 2б, 3б) не відповідають дійсним залежностям «ступінь розведення – обернена електропровідність розчину».

В запропонованій процедурі, яка полягає у вимірюванні електропровідності зразка водного розчину, що ідентифікують, приготуванні розчинів з різною концентрацією розчину, що ідентифікують, визначенні їх

електропровідності, розрахуванні коефіцієнту ідентифікації K_{Id} як нахилу функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення, за яким, сумісно із значенням виміряної електропровідності, ідентифікують водний розчин, додатково виконують послідовне розведення вихідного водного розчину у n' разів, де $n' = (1 \div 2)$.

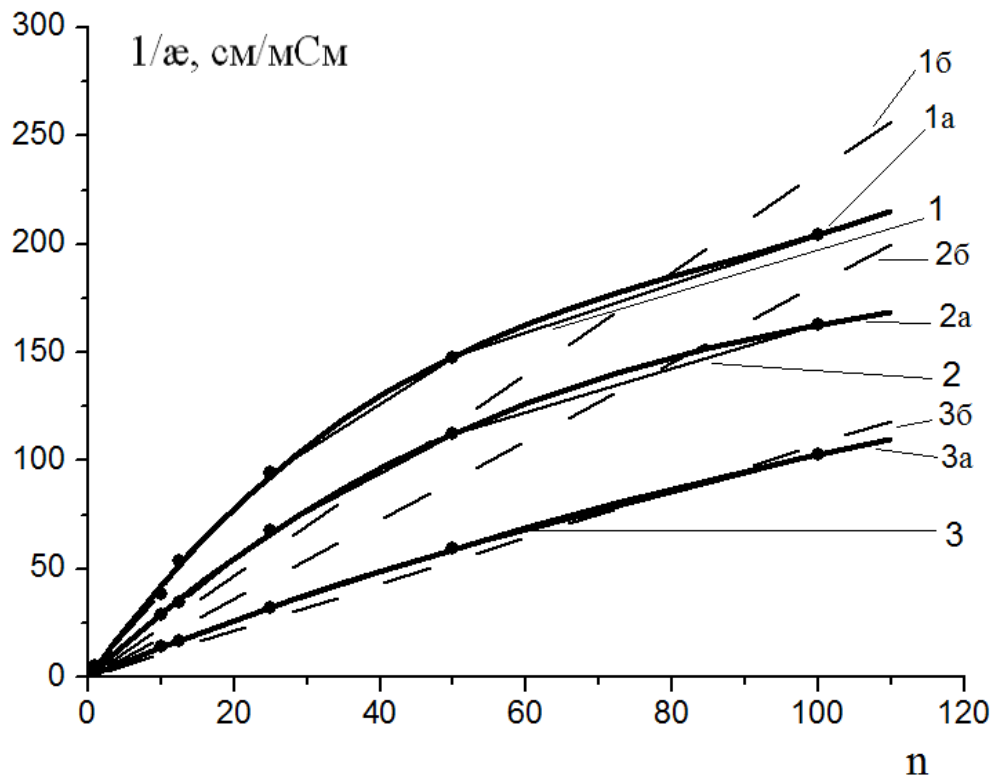


Рис. 4.9. Залежності оберненої електропровідності ($1/\kappa$) від ступеня розведення n ($n = (2 \div 100)$) для вод (1),(2), (3).

Перехід до розведення прісних водних розчинів та слабомінералізованих водних розчинів в n' раз ($n' = (1 \div 2)$) дозволяє отримати лінійну залежність оберненої електропровідності від ступеня розведення та розрахувати K_{Id} як тангенс кута нахилу даної залежності.

Приклад реалізації другого варіанту п'ятої процедури наведено нижче:

1. Відбирають аліквоту розчину, що аналізують та вимірюють його електропровідність з урахуванням температурного коефіцієнту.

2. Проводять розведення вихідного розчину в n' разів, де $n' = (1 \div 2)$ (наприклад, в 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2 разів або в 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 і т. п.) вихідного розчину і вимірюють електропровідність вихідного та розведених розчинів.

3. Будуть залежність у координатах «ступінь розведення – обернена електропровідність розчину».

4. Розраховують тангенс кута нахилу отриманої залежності. отримують коефіцієнт ідентифікації (K_{Id}) розчину, що аналізують.

5. Для ідентифікації використовують K_{Id} та електропровідність вихідного розчину.

При розведенні в n' раз ($n' = (1 \div 2)$) лінійний закон справджується для прісних вод та слабомінералізованих водних розчинів [16]. Стандартне відхилення нахилу отриманих залежностей характеризується величиною $3,5 \times 10^{-2} \div N \times 10^{-3}$ (N – ціле число).

Запропоноване рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту, що включає ідентифікацію прісних водних розчинів та слабомінералізованих водних розчинів дозволяє їх ідентифікацію за електропровідністю вихідного розчину та коефіцієнтом ідентифікації як нахилом функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення n' ($n' = (1 \div 2)$).

В шостій процедурі «Прийняття управляючого рішення щодо стану ґрунтів» за отриманими даними приймаються необхідні управлінські рішення щодо скорочення кількості наслідків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури першого та другого рівнів пріоритетності та недопущення переростання останньої на місцевий рівень поширення небезпеки.

Надалі в **сьомій процедурі «Контроль виконання прийнятого рішення»** отриманий коефіцієнт ідентифікації може застосовуватись для контролю поширення НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах.

Таким чином, застосування інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах, призначеного для попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру, потребує рішення чотирьох задач для подальшого формування математичної моделі, що може бути реалізована через керуючий алгоритм, забезпечується виконанням наступних семи процедур: збір і систематизація даних щодо стану ґрунтів; формалізація систематизованих даних щодо стану ґрунтів; розв'язання окремої задачі з дослідження стабільності мінерального складу підземних вод; розв'язання окремої задачі з відбору проб ґрунту та приготування водної витяжки; розв'язання окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунту; прийняття управляючого рішення щодо стану ґрунтів; контроль виконання прийнятого рішення.

Література до розділу 4.

1. Лобойченко, В.М. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

2. Лобойченко В.М. Розробка процедури ідентифікації факторів небезпеки на об'єктах малотонажного хімічного виробництва. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2019. № 2(30). С.176–186.

3. Лобойченко В.М. Формування методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах. *Комунальне господарство міст*. 2020. 1(154), С. 298–305. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5568>.

4. Азаров С., Дівізінюк М., Лобойченко В., Мірненко В., Шевченко Р. Нові підходи до розробки комплексних методів цивільної безпеки. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*. 2020. Т.10, №3. С. 51–63. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.3.5>.

5. Лобойченко В.М., Васюков А.Е. Оцінка сезонних коливань мінерального складу води «Березовська» санаторію «Бермінводи». *Екологічна безпека*. 2017. № 2/2017 (24). С. 83–89.

6. Vambol V.V., Loboichenko V.M. Otsinka ekolohichnoho stanu rozpakhannykh zemel' Kharkivs'koho rayonu (Ukraine) za pokaznykom elektroprovodnosti // Culegere de articole științifice «Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană. Conferință științifică internațională, consacrată aniversării a 120 de ani de la nașterea academicianului Ion Dicusar», 6-7 septembrie 2017, Chișinău, Republica Moldova, p. 301–306.

7. Лобойченко В.М. Закономірності зміни мінералізації водних витяжок розораних ґрунтів Лозівського району Харківської області. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2015. № 12. С. 67–76.

8. Dreval Y., Loboichenko V., Malko A., Morozov A., Zaika S., Kis V. The Problem of Comprehensive Analysis of Organic Agriculture as a Factor of

Environmental Safety. *Environmental and Climate Technologies*. 2020, vol. 24, no. 1, pp. 58–71. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0004>.

9. Лобойченко В.М. Формування окремих задач математичної моделі інженерно-технічного метода попередження надзвичайних ситуацій унаслідок аварій на технологічному обладнанні потенційно небезпечних об'єктів. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2019. Т. 6, № 152. С. 224 – 232. DOI 10.33042/2522-1809-2019-6-152-224-232.

10. Loboichenko V., Strelec V. The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*. 2018. Vol. 61r, Iss. 9. P. 43–50.

11. Лобойченко В.М., Стрілець В.М. Розробка алгоритму ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2020. – С. 42–45.

12. В.М. Лобойченко. Ідентифікація природних вод зі стабільним аніоно-катионним складом. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. Випуск 5/2017 (106). С. 95–100.

13. Лобойченко В.М. Розробка підходів до запобігання та ідентифікації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, пов'язаних із забрудненням гідросфери та літосфери// Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах: Матеріали 21 Всеукраїнської науково-практичної конференції (за міжнародною участю). – Електронне видання комбінованого використання. – Київ: ІДУЦЗ, 2019. – С. 172–174.

14. Dadashov I., Loboichenko V., Kireev A. Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*. 2018. Vol. 37, Iss. 1. P. 63–77.

15. Pancheva H., Reznichenko A., Miroshnichenko N., Sincheskul A., Pilipenko A., Loboichenko V. Study into the influence of concentration of ions of

chlorine and temperature of circulating water on the corrosion stability of carbon steel and cast iron. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol 4, No 6 (88). P. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108908>

16. Пат. 103096 Україна. МПК (2013.01) G 01 N 27/00, G 01 N 15/00, G 01 N 33/18(2006.01). Спосіб ідентифікації водного розчинусередньої та високої мінералізації / О.Є. Васюков, В.А. Андронов, В.М. Лобойченко, А.В. Дрозд, С.Ю. Шекера; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № а 201200566; заявл. 18.01.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 17.

17. Пат. 111077 Україна. МПК (2016.01) G 01 N 27/00, G 01 N 33/18 (2006.01). Спосіб експрес-ідентифікації водних розчинів середньої та високої мінералізації / В.М. Лобойченко, О.Є. Васюков, І.В. Іванов, В.В. Сабадаш; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № u 201605614; заявл. 24.05.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.

18. Drozd, A.V., Loboichenko, V.M. & Tishakova, T.S. Spectrophotometric determination of iodides by the products of fluorescein halogenation using electrochemical oxidation. *J Anal Chem*, 2011, **66**, 131–134. <https://doi.org/10.1134/S1061934811020055>.

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

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

В межах розробки інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах необхідно рішення низки окремих задач, визначення керуючого алгоритму та процедур інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах [1].

5.1.1. Рішення окремої задачі з вибору показника стану води на території потенційної зони НС. Якість води, що призначена до споживання людиною, регламентується низкою нормативних документів різного рівня – як міжнародними нормативами, так і національними стандартами. Важливими характеристиками води виступають рН, мінералізація, концентрація окремих катіонів та аніонів, мутність, кольоровість, запах та інші [2].

Одним з важливих показників якості води, що характеризує сумарний вміст аніонів та катіонів, є мінералізація. За умови відсутності нерозчинних солей у воді параметр «мінералізація» (total dissolved solids «TDS») можна ототожнювати з параметром «сухий залишок».

Значення сухого залишку (або мінералізації) є величиною, що нормується. Різні нормативні документи регламентують різні значення цього

показника. Так, згідно нормативів воно не повинно перевищувати 1000 мг/л, або, в окремих випадках та для колодязів і каптажів, не перевищувати 1500 мг/л. Норматив ВООЗ також зазначає це значення як граничне, відмічаючи, що при 1200 мг/л вже змінюється смак води. Тоді як в Канаді граничне значення TDS регламентоване як 500 мг/л. Європейська директива з якості питної води взагалі пропонує визначати електропровідність розчину (conductivity) і регламентує допустимий рівень – 2500мкСм/см при 20⁰С .

В міжнародних стандартах присутні мікробіологічні, хімічні, фізичні, радіологічні показники якості води. Український норматив пропонує оцінювати якість води також за фізіологічною повноцінністю. Зокрема, регламентовано загальну жорсткість (1,5 - 7,0 ммоль/дм³), загальну лужність (0,5 - 6,5 ммоль/дм³), сухий залишок (200 - 500 мг/дм³) вміст йоду (20 – 30 мкг/дм³), калію (2 - 20мг/дм³), кальцію (25 - 75 мг/дм³), магнію (10 - 50 мг/дм³), натрію (2 - 20 мг/дм³), фторидів (0,7 - 1,2 мг/дм³). Для повноцінного забезпечення життєдіяльності людини є умова споживання питної води, загальний вміст мінеральних солей в якій знаходиться в зазначених межах.

Визначення загальної кількості мінеральних солей у воді для визначення її придатності до застосування людиною можна проводити різними способами, в тому числі й з використанням кондуктометричного методу згідно з інструкцією до приладу.

В роботі вирішується задача щодо дослідження якості природних джерел Харківської області (Україна) за показником мінералізації (яка корелює з електропровідністю) за умови наявності різнопланових водних об'єктів (точкових та в потоці) [3].

На першому етапі роботи проводили дослідження природних водних об'єктів Харківської області (рис. 5.1) [2]. Результати вимірювань наведено в табл. 5.1. Зразки (1 – 4) - природна вода, зразок 5 – референтний.



Рис. 5.1. Джерела Харківської області: 1 – річка Борова (зразок 1), 2 – річка Мерефа (зразок 2), 3 – природне джерело поблизу м. Харків(зразок 3); 4 –колодязь села Губарівка (зразок 4).

Таблиця 5.1.

Значення мінералізації зразків природної води Харківської області (Україна), г/л.

Параметр	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 5
X_{Mean} ,	2.383	0,804	0,826	0,566	0,003
S_r , %	0,24	0,07	0,07	0,10	9,14

Згідно з класифікацією мінеральних вод (табл. 5.2) [4] для Харківської області характерні мінеральні води (знаходяться між «Низький вміст мінеральних речовин» та «Багатий мінеральними солями»).

Але для води Борівського р-ну (зразок 1, табл. 5.1) спостерігалось значення мінералізації у 3-4 рази вище, ніж для інших районів («Багата мінеральними солями») і дорівнювало 2,4 г/л (табл. 5.1).

Таблиця 5.2.

Класифікація вод за мінералізацією (мг/л) [4].

Показник	Критерій
Низький вміст мінеральних речовин	Вміст мінеральної солі, обчислений у вигляді фіксованого залишку, не більше 500 мг/л
Дуже низький вміст мінеральних речовин	Вміст мінеральної солі, обчислений у вигляді фіксованого залишку, не більше 50 мг/л
Багатий мінеральними солями	Вміст мінеральної солі, обчислений у вигляді фіксованого залишку, перевищує 1 500 мг/л

Подальша робота була пов'язана з більш глибоким дослідженням мінералізації водних об'єктів Борівського району (рис. 5.2).

Поверхнева вода використовується для зрошення, у питних цілях використання допустиме лише після додаткової обробки. Підземна вода використовується місцевим населенням в питних цілях.

У таблиці 5.3 наведено результати досліджень.

Таблиця 5.3.

Значення мінералізації зразків природної води Борівського району Харківської області (Україна), г/л.

Параметр	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6
X_{Mean} ,	2.383	0,555	0,581	1,667	1,817	1,640
S_r , %	0,24	0,65	0,20	0,35	0,32	0,61



Рис. 5.2. Міста відбору зразків води в Борівському районі. Т1 –Т3 – поверхневі води, Т4 –Т6 - підземні води.

Як видно з табл. 5.3, для природних вод Борівського району. характерне високе значення мінералізації як для поверхневих , так і для підземних джерел – вода є «Багата мінеральними солями». (згідно табл. 5.3). Це може бути пов'язано з особливостями структури ґрунтовотворних порід та геологічною будовою Борівського району.

Вода з Т.1, Т.4 – Т6 за показником «мінералізація» («сухий залишок») не є фізіологічно повноцінною, та не відповідає вимогам щодо якості питної води, які регламентуються нормативами ВООЗ й канадськими стандартами. Якщо застосувати коефіцієнти перерахунку електропровідності в мінералізацію (TDS) 0,55 - 0,75 до європейського стандарту, то отримаємо норматив (1375 - 1875 мг/л). Тобто ця вода не відповідає і цим вимогам. Для Т.2-Т.3 спостерігається, навпаки, невисоке значення мінералізації води, вона є

фізіологічно повноцінною за цим показником та задовольняє вимогам європейських стандартів [2].

5.1.2. Рішення окремої задачі з вибору місць відбору проб води в зоні НС. Як вже сказано вище, якість поверхневих вод, які можуть використовуватися для питних цілей, не завжди буває задовільним, оскільки на них впливає ряду природних і антропогенних факторів. Для визначення можливості використання води для споживання людиною визначення загального вмісту мінеральних солей у воді можна проводити різними способами, в тому числі з використанням кондуктометрії. Далі розглянуто особливості дослідження водних об'єктів, що мають значні розміри та знаходяться або в потоці або у вигляді водойми.

Детальна інформація стосовно сезонних змін параметрів якості води у багатьох річках України часто незадовільна і не враховує впливу окремих населених пунктів, розташованих вздовж цих водних об'єктів. Так, річка Уди проходить через густонаселену територію Харківської області і зазнає певного антропогенного навантаження внаслідок функціонування кожного з 41 населених пунктів, розташованих вздовж неї. Річка відноситься до транскордонних річок і більшою частиною проходить через Харківську область де й впадає в Сіверський Донець. Наявність великої кількості можливих забруднювачів води річки Уди, як населених пунктів, так і окремих підприємств, ускладнює їх ідентифікацію при виявленні порушень. Сезонні зміни мінералізації води внаслідок дії фізичних, біологічних та хімічних факторів також ускладнюють цей процес. Тому питання дослідження якості води річки Уди для своєчасного виявлення забруднення, попередження подальшого розвитку надзвичайної ситуації та її ліквідації є на сьогодні дуже актуальним [5].

Одним з оптимальних показників, є параметр мінералізації. Цей показник є нормованою величиною. Згідно ДСТУ ГОСТ 27384:2005 та СанПіН 4630-88 нормативне значення показника мінералізації (сухого залишку)

складає 1000 мг/л з нормою похибки не більше 10 %. Згідно даних, наданих Харківським регіональним управлінням водних ресурсів стан води в р. Уди за показником мінералізації можна дослідити у двох контрольних створах – смт. Хорошево та смт. Есхар. На рис. 5.3 наведено залежність мінералізації від місяця відбору пробта нормативне значення показника (1000 мг/л) [5].

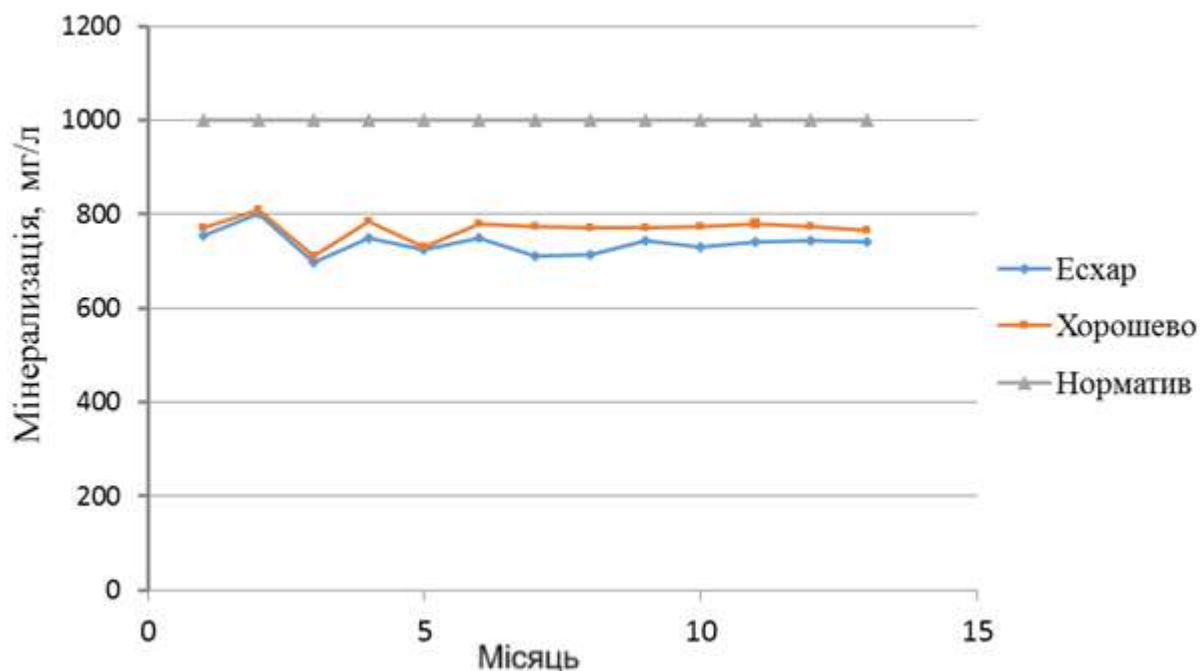


Рис. 5.3. Зміна мінералізації води в р. Уди в смт. Есхар та смт. Хорошево протягом 2014 - 2015 років, де 1 – 12 - січень - грудень 2014 р., 13 - березень 2015 р. та нормативне значення мінералізації.

Як видно з рис. 5.3, отримані дані не перевищують нормативного значення за весь період спостереження, але є малоінформативними з точки зору впливу окремих населених пунктів на стан води в р. Уди в Харківській області.

Для більш детального дослідження змін якості води р. Уди за показником мінералізації було обрано низку населених пунктів (рис. 5.4).

Останні були обрані таким чином, щоб дослідити зміни якості води р. Уди в межах її проходження в Харківській області.

Організацію досліджень здійснювали таким чином: протягом визначеного часу (осінь - весна), щомісячно відбирали зразки проб води із обраних створів на р. Уди, що розташовані в межах досліджуваних населених пунктів.

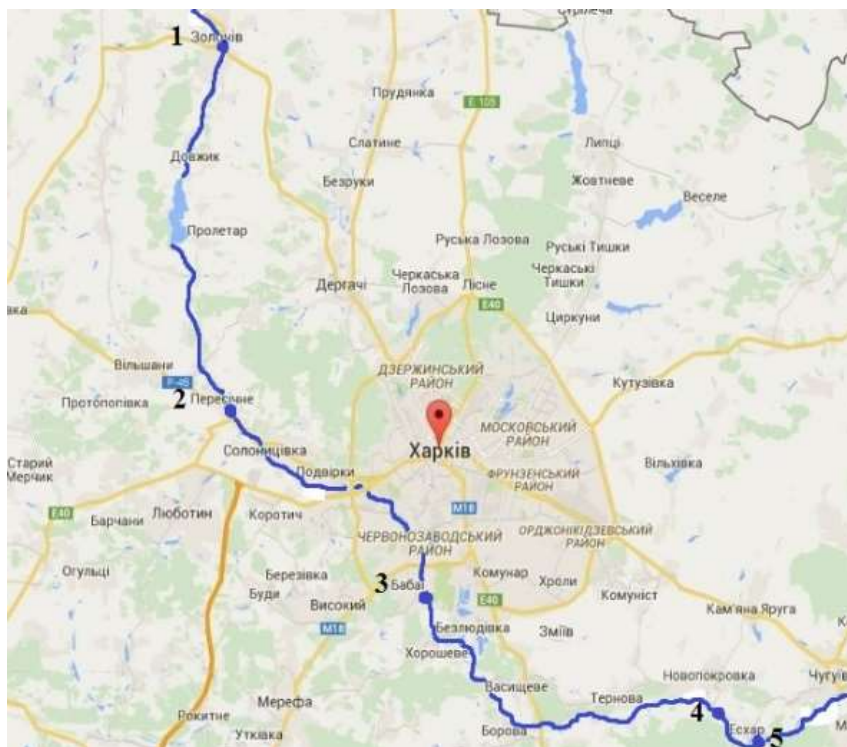


Рис. 5.4. Точки відбору проб води р. Уди в Харківській області. 1 – смт. Золочів, 2 – смт. Пересічне, 3 – смт. Бабаї, 4 – с. Стара Покровка, 5 – смт. Есхар.

Отримані результати змін якості води р. Уди за показником мінералізації при проходженні вищезазначених населених пунктів протягом осені 2014 – весни 2015 років наведено в табл. 5.4. Як видно з таблиці 5.4, значення мінералізації води річки Уди в досліджуваній період коливаються в діапазоні від 1133 мг/л до 519 мг/л. За отриманими результатами побудовані залежності змін якості води р. Уди за параметром мінералізації при проходженні зазначених населених пунктів (рис. 5.5).

Таблиця 5.4.

Результати вимірювання мінералізації проб води р. Уди в створах за період «осінь 2014- весна 2015рр.», мг/л.

Населений пункт	Показник	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень
Золочів	X, ср, мг/л	113 3	112 6	973	918	870	828	715	630	644
	S _r , %	0,44	0,09	0,15	0,29	0,28	0,1	0,24	0,42	0,15
Пересічне	X, ср, мг/л	562	520	668	651	630	630	570	569	603
	S _r , %	0,22	0,18	0,01	0,09	0,01	0,01	0,46	0,22	0,1
Бабаї	X, ср, мг/л	709	713	853	814	864	883	828	747	792
	S _r , %	0,42	0,6	0,01	0,26	0,17	0,06	0,27	0,01	0,26
Стара Покровка	X, ср, мг/л	764	645	648	653	848	743	787	792	792
	S _r , %	0,16	0,2	0,2	0,01	0,22	0,01	0,32	0,61	0,61
Есхар	X, ср, мг/л	762	622	556	573	844	749	781	782	797
	S _r , %	0,13	0,47	0,09	0,09	0,06	50	0,13	0,22	0,32

На рис. 5.5 представлені зміни мінералізації в досліджуваних створах населених пунктів за період «осінь 2014 - весна 2015 рр.» (де 1 - вересень, 2 - жовтень, 3 - листопад, 4 - грудень 2014 року, 5 - січень, 6 - лютий, 7 - березень, 8 - квітень, 9 - травень 2015 року, та наведено нормативне значення показника мінералізації). Як видно з рис. 5.5, при проходженні населених пунктів на якість води р. Уди спричиняють вплив різні чинники. Зокрема при проходженні смт. Золочів мінералізація води р. Уди поступово зменшується

протягом осінньо – весняного періоду. Це зумовлено концентруванням домішок у воді взимку, внаслідок замерзання частки води. У весняний період відбувається розведення річних вод внаслідок таяння снігів та збільшення поверхневого стоку. Очевидно, що поверхневий стік не забруднений.

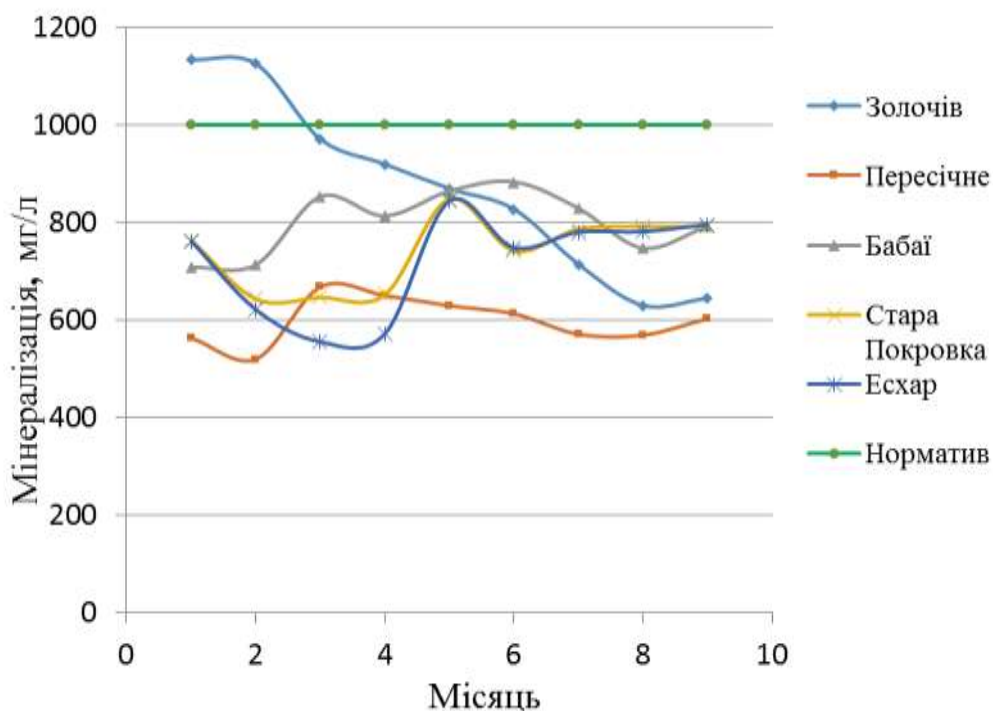


Рис. 5.5. Залежність мінералізації води р. Уди, відібраної в низці створів (Золочів, Пересічне, Бабаї, Стара Покровка, Есхар) від часу відбору проб.

Високі значення мінералізації в осінній період в цій точці можуть бути пов'язані з випаровуванням частки води в р. Уди у літній період. Як видно з рис. 5.5, далі відбувається зниження показника мінералізації в осінній період, що може бути обумовлено, розведенням води р. Уди більш чистими дощовими опадами.

При проходженні смт. Пересічне, як видно з рис. 5.5, вода в р. Уди поступово мінералізується незначним чином в зимовий період та поступово розводиться в весняний період із середнім значенням показника близько

600 мг/л. Така стабільність результату дозволяє припустити, що на мінералізацію води р. Уди в смт Пересічне впливає діяльність Рогозянського водосховища (стабілізує значення мінералізації в осінньо-весняний період) та вода приток р. Рогозянка та р. Криворітка (знижує значення мінералізації води в р. Уди порівняно із створом в смт Золочів).

Дослідження води р. Уди із створу поблизу смт. Бабаї показує, що при проходженні повз м. Харків загальна мінералізація в р. Уди підвищується, в тому числі і за рахунок впадання більш забрудненої притоки р. Лопань, що протікає містом Харків. В листопаді 2014 було проведено заміри мінералізації р. Лопань і порівняно з даними по р. Уди. (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Результати вимірювання мінералізації досліджуваних зразків води в листопаді 2014 р.

Параметр	р. Уди					р. Лопань
	Золочів	Пересічне	Бабаї	Стара Покровка	Есхар	
$X_{\text{ср}}$, мг/дм ³	971	669	852	648	556	963
S_r , %	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2

Спостерігається зростання показника з листопада по березень. Це підвищення зумовлено, як сезонним підвищенням мінералізації взимку, так і впливом діяльності ТЕЦ- 5, що скидає очищені стічні води вище за течією. Основна діяльність ТЕЦ- 5 приходить на опалювальний сезон. Якщо припустити, що вихід на максимальну потужність роботи приходить на кінець жовтня - середина березня, то очевидно, що більший вплив на підвищення мінералізації в створі поблизу смт. Бабаї в осінньо - весняний період згідно рис. 5.5 обумовлений саме діяльністю ТЕЦ-5.

Зміна мінералізації протягом осінньо-весняного періоду в с. Стара Покровка та смт. Есхар практично однакова. Це може бути пов'язано з відсутністю впливу значних підприємств на стан води р. Уди та впаданням приток в р. Уди на ділянці між смт. Бабаї та с. Стара Покровка. З іншого боку наявність приток може зумовлювати розведення води р. Уди в осінній період (рис. 5.5), а їх замерзання- зростання мінералізації взимку (січень - лютий). Відсутність зниження мінералізації води р. Уди в створі смт. Есхар та с. Стара Покровка у весняний період пов'язано з діяльністю розташованої в смт. Есхар ТЕЦ - 2: викиди в атмосферне повітря хімічно-небезпечних речовин внаслідок діяльності підприємства в опалювальний період осаджувались на сніговий покрив взимку та з талими водами потрапили через поверхневий стік в р. Уди.

На рис. 5.6 – 5.8 наведено значення мінералізації води р. Уди, відібраної в створах Золочів, Пересічне, Бабаї, Стара Покровка, Есхар в осінньо - весняний період (відповідно, III, IV та I квартали року).

Як видно з рисунку 5.6, в осінній період підвищене значення мінералізації має вода р. Уди, відібрана в створі смт. Золочів, з подальшим її розведенням при проходженні інших населених пунктів.

В зимовий період (рис. 5.7) спостерігається, починаючи з січня, стабільність показника мінералізації у всіх створах, за виключенням смт. Пересічне.

У весняний період, в цілому, відбувається зростання параметра мінералізації при проходженні р. Уди від смт. Золочів до смт. Есхар (рис. 5.8).

Враховуючи дані рис. 5.6 – 5.8, можна припустити, що на якість води р. Уди в створах смт. Золочів та смт. Пересічне значним чином впливають природні фактори. В смт. Золочів показник мінералізації змінюється за рахунок сезонних змін фізичного стану води (випаровування- влітку, замерзання- взимку) та внаслідок снігового та дощового живлення.

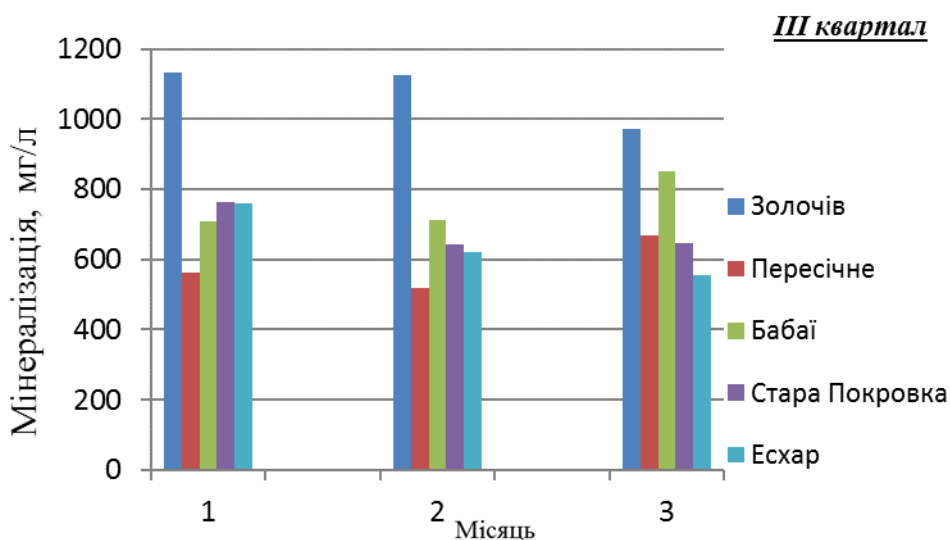


Рис. 5.6. Мінералізація води в р. Уди, відібраної в низці створів (Золочів, Пересічне, Бабаї, Стара Покровка, Есхар) в осінній період 2014 р. 1 - вересень; 2 - жовтень; 3 - листопад.

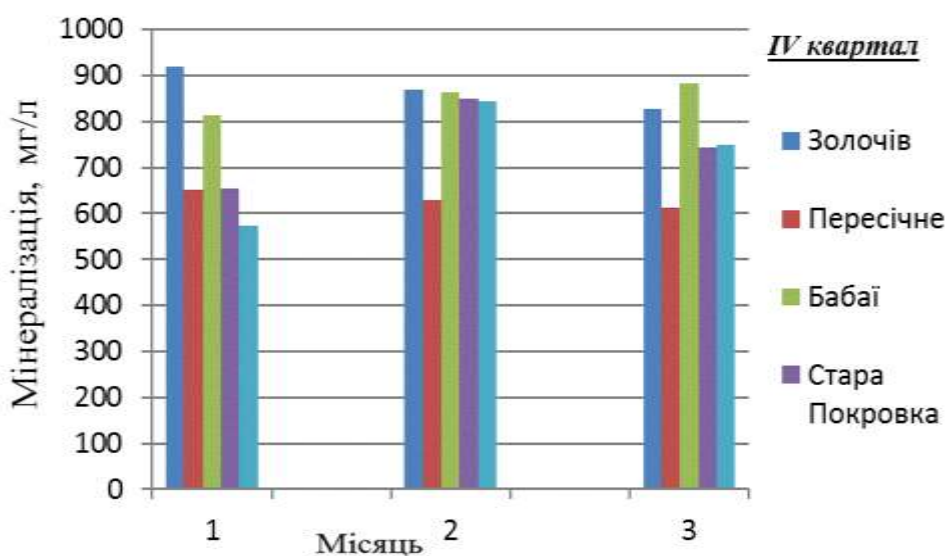


Рис. 5.7. Мінералізація води в р. Уди, відібраної в низці створів (Золочів, Пересічне, Бабаї, Стара Покровка, Есхар) в зимовий період 2014 – 2015 р.р. 1 - грудень; 2 - січень; 3 - лютий.

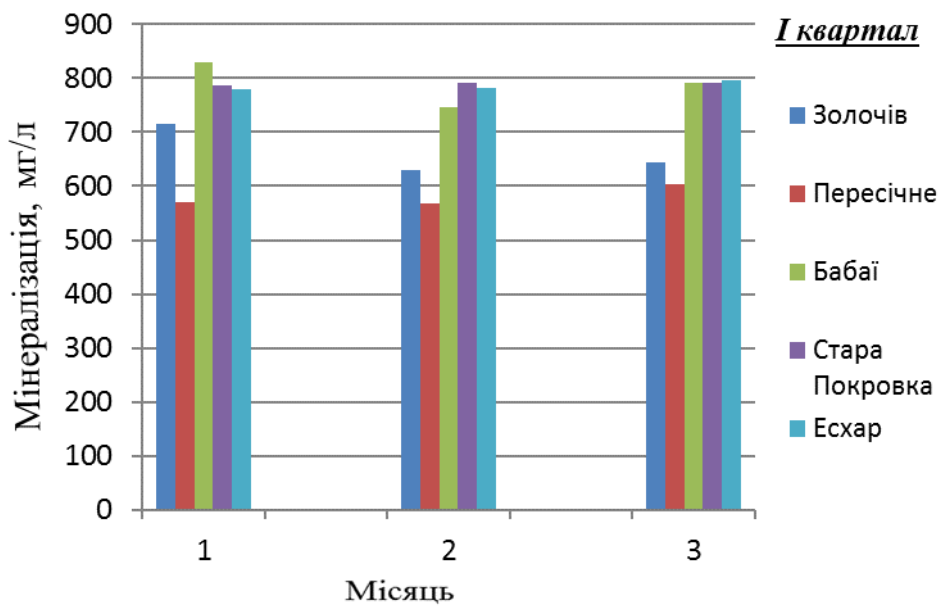


Рис. 5.8. Мінералізація води в р. Уди, відібраної в низці створів (Золочів, Пересічне, Бабаї, Стара Покровка, Есхар) у весняний період 2015 р. 1 - березень; 2 - квітень; 3 - травень.

В смт. Пересічне на загальний сольовий склад р. Уди, головним чином, впливають притоки - р. Рогозянка та р. Криворітка. Ймовірно, ці річки є більш чистими та мають низьке значення мінералізації порівняно з р. Уди, що зумовлює падіння рівня мінералізації від смт. Золочів до смт. Пересічне на протязі досліджуваного періоду. Тобто основний вплив на якість води зумовлений природними чинниками. Починаючи з смт. Пересічне і до створу смт. Есхар якість води в р. Уди зазнає значного антропогенного навантаження внаслідок діяльності підприємств.

Однією з найбільших водойм штучного походження в Україні є Червонооскільське водосховище [6]. Червонооскільське водосховище - велике руслове водосховище на річці Оскіл, розташоване у Борівському районі Харківської області (рис. 5.9).

Водосховище використовується для господарсько - питного та технічного водопостачання Донбасу, зрошення, сільськогосподарського водопостачання, обводнення річок, гідроенергетики та рибного господарства.



Рис. 5.9. Червонооскільське водосховище Харківської області.

Воно забезпечує водою місцеве населення, а також служить для відпочинку жителів Харківської, Донецької та Луганської областей.

Дослідження якості води Червонооскільського водосховища [7] на ділянці, представлений на рис. 5.10 та розташованій між смт Борова та с. Підлиман.



Рис. 5.10. Карта Червонооскільського водосховища з відміченою ділянкою досліджень.

Дослідження якості води можна проводити в два етапи:

На першому етапі – здійснювати дослідження якості води Червонооскільського водосховища на ділянці від середини до берега (рис. 5.11).

Як видно з отриманих результатів (рис. 5.12), значних змін мінералізації Червонооскільського водосховища в залежності від віддаленості досліджуваних точок від берега не спостерігається.



Рис. 5.11. Місця відбору проб води Червонооскільського водосховища на обраній ділянці, точки 1', 2', 3', 4', 5' розташовані на відстані 100 м одна від одної.

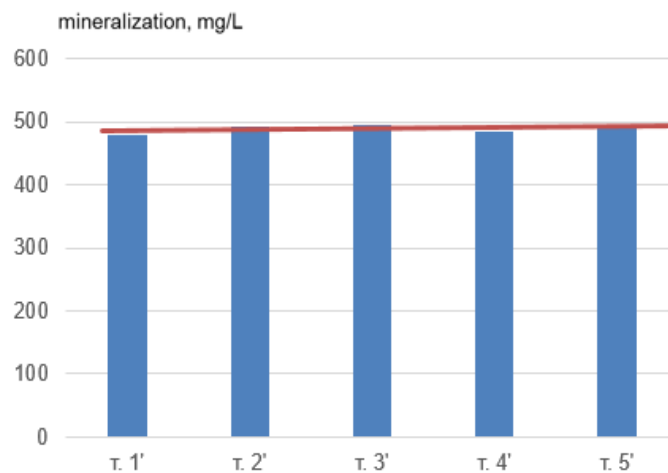


Рис. 5.12. Результати визначення мінералізації води Червонооскільського водосховища в обраних точках в жовтні 2015 р. [7]

Подальший етап роботи складався із дослідження якості води Червонооскільського водосховища за показником мінералізації в період з січня 2016 року по травень 2016 року вздовж обраної ділянки. Точки відбору проб наведено на рис. 4.13. Проби відбирались на відстані 1 – 2 м від берега.

Дослідження проводилося з урахуванням можливого антропогенного впливу. Зокрема, досліджувався вплив діяльності рибінспекції та вплив роботи турбаз, розташованих на березі Червонооскільського водосховища – за 150 м перед рибінспекцією (т.1), безпосередньо на місці причалу плав засобів рибінспекції (т.2), через 300 м після рибінспекції (міст) (т.3), через 500 м після рибінспекції (затока) (т.4), через 1000 м після затоки на турбазі (т.5), як референтна виступала вода з підземного джерела (колодязь) (т.6) (рис. 5.13).

В січні (табл. 5.6) спостерігається значний сплеск значення мінералізації після т.1 і в подальшому цей показник знов вирівнюється в т.4 і дещо зростає надалі після т.6.

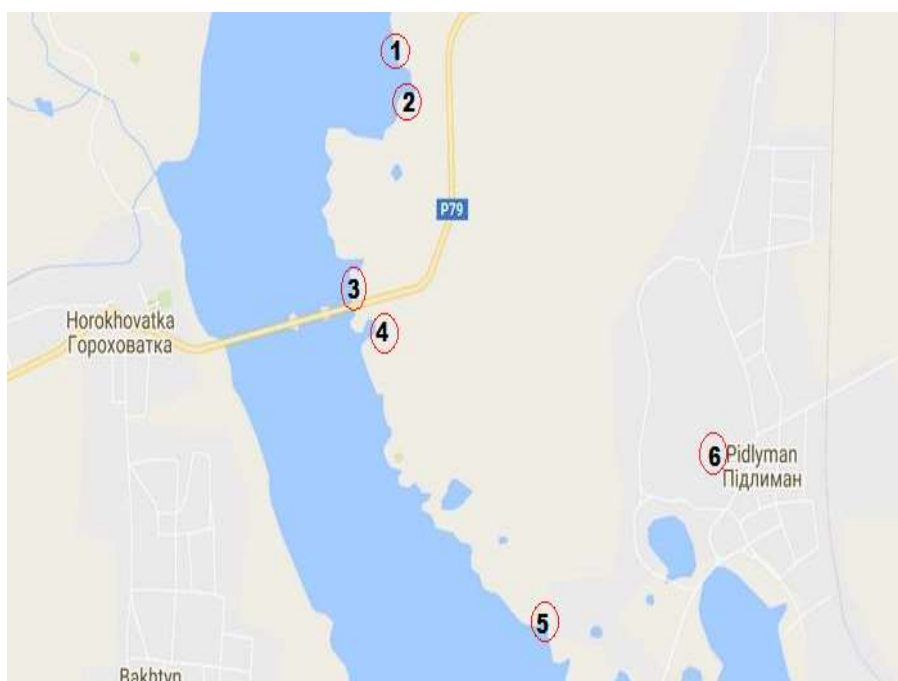


Рис. 5.13. Т. т. (1 – 6) - місця відбору проб води вздовж Червонооскільського водосховища, на обраній ділянці.

Таблиця 5.6.

Результати вимірювання мінералізації досліджуваних зразків води Червонооскільського водосховища у січні 2016 р., мг/л.

Параметр	Точки відбору проб				
	1	2	3	4	5
$x_{\text{ср}}$, мг/л	494,2	497,1	618,8	484,4	550,2
S_r , %	1,9	0,1	0,6	1,6	0,7

В лютому (табл. 5.7) мінералізація зростає в затоці та післяпроходження т.2 значного впливу на стан води не здійснюється.

У квітні вплив т.2 та т.5 майже незначний (табл. 5.8) хоча й спостерігається незначне зростання мінералізації на ділянці від т. 1 до т. 5.

В травні показники мінералізації в т.т. 2, 3 зросли (табл. 5.9) що може бути пов'язано з інтенсифікацією діяльності в т.2.

Таблиця 5.7.

Результати вимірювання мінералізації досліджуваних зразків води Червонооскільського водосховища у лютому 2016 р., мг/л.

Параметр	Точки відбору проб				
	1	2	3	4	5
$x_{\text{ср}}$, мг/л	459,2	460,6	462,0	491,4	543,2
S_r , %	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7

Таблиця 5.8.

Результати вимірювання мінералізації досліджуваних зразків води Червонооскільського водосховища у квітні 2016 р., мг/л.

Параметр	Точки відбору проб				
	1	2	3	4	5
$X_{\text{ср}}$, мг/л	445,2	446,6	453,6	455,1	462,1
S_r , %	0,9	0,7	0,7	0,1	0,1

В цілому можна сказати, що в січні - лютому дещо проявляється вплив роботи турбаз (рис. 5.14). Тоді як у квітні та травні їх діяльність не впливає на показник мінералізації. При цьому в травні дещо помітний вплив від діяльності рибінспекції.

Таблиця 5.9.

Результати вимірювання мінералізації досліджуваних зразків води Червонооскільського водосховища у травні 2016 р., мг/л.

Параметр	Точки відбору проб				
	1	2	3	4	5
$X_{\text{ср}}$, мг/л	464,8	473,2	483,1	462,1	463,4
S_r , %	0,8	0,8	0,1	0,1	0,7

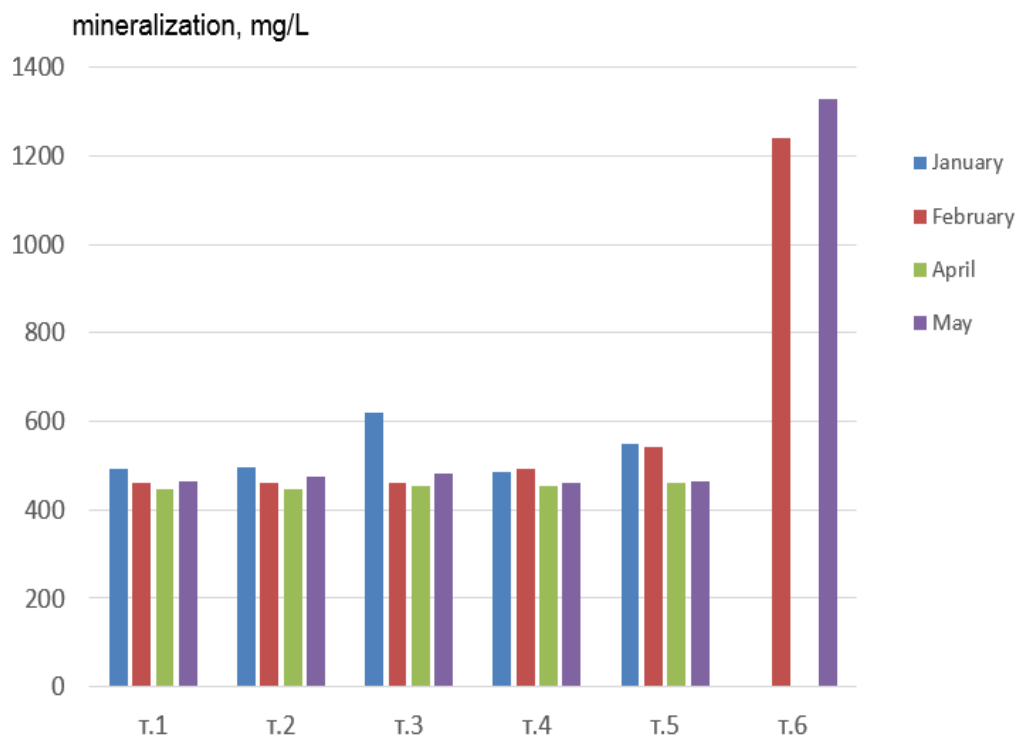


Рис. 5.14. Результати досліджень якості проб води Червонооскільського водосховища в обраних точках в січні, лютому, квітні та травні 2016 р. в т.т. (1 – 6) [7].

Як видно з рис. 5.14 показник мінералізації для підземної води с. Підлиман Борівського р-на Харківської області (т. 6) у 2-2,5 рази вище, ніж для Червонооскільського водосховища.

Вода Червонооскільського водосховища відноситься до вод з «низьким вмістом мінеральних речовин» (табл. 5.2).

Застосовуючи коефіцієнти перетворення електропровідності до мінералізації (TDS) (0,55 - 0,75) до європейського стандарту, отримуємо нормативний стандарт (1375 - 1875 мг/л). Вищезазначені води відповідають вимогам нормативів. Але щоденне споживання з питною метою цієї води обмежене біологічною складовою води.

Вода з т.6 (підземне джерело, розташоване на території Борівського району Харківської області (Україна)) має значно більш високі значення мінералізації. Вона знаходиться між «Низький вміст мінеральних речовин» та

«Багатий мінеральними солями» та не відповідає вимогам ВООЗ й національних стандартів з питної та поверхневої води, тоді як згідно деяким закордонним стандартам вона зможе бути застосовна в якості питної.

Надалі розглянемо особливості дослідження водного об'єкта, що міститься в межах міста та має помірні розміри [8].

Одним з факторів, що негативно впливають на якість води, є міста з їх житлово-комунальним та промисловим комплексами [9].

Водні об'єкти, що знаходяться в межах міста, забруднені, головним чином, поверхневим стоком і дощовими водами. У ряді випадків додається також санкціоноване і несанкціоноване скидання стічних вод. Як наслідок - нівелюється або погіршується можливість використання річки чи водойми для рекреаційних, рибогосподарських або господарсько-питних потреб.

При цьому важливим завданням поліпшення якості даних об'єктів є виділення та нівелювання факторів, що впливають на них. У кожному конкретному випадку необхідно проводити окреме дослідження, оскільки діють різні просторово-часові складові.

Зазначене зумовлює важливість вивчення стану міських водних об'єктів і факторів, що впливають на них.

З одного боку, вплив антропогенного чинника на поверхневі води досить вивчений [10], з іншого – залишається відкритим питання детального дослідження водних об'єктів, розташованих в межах міста.

Досліджуваний Олексіївський ставок розташований на території Шевченківського району м Харкова. Використовується в рекреаційних цілях. У зв'язку з великими фільтраційними втратами, в ложі ставка при будівництві був покладений екран з поліетиленової плівки з навантаженням з піску і залізобетонних плит. Береги ставка також закріплені залізобетонними плитами на відмітках 119,00 - 199,20 м.

В роботі більш детально вивчали стан даного ставка і фактори, що на нього впливають. Дослідження Олексіївського ставка (тривіальне назва - Олексіївське водосховище) проводили в осінньо-весняний період 2015 –

2016 р.р. шляхом дослідження якості води кондуктометричним методом [11] по параметру електропровідності. Зразки води відбиралися в семи точках навколо водосховища, щоб оцінити вплив різних об'єктів, розташованих поруч з водосховищем (рис. 5.15) т.1 – т.7, та підземне джерело (т.8) [8].



Рис. 5.15. Т.т.1 – 8 - точки відбору проб води, Олексіївське водосховище.

Зміни електропровідності дозволяють говорити про накопичення, або, навпаки, зменшення, розчинених мінеральних речовин і відслідковувати динаміку змін їх вмісту у воді. Хімічне забруднення, зокрема, мінеральними речовинами, є одним з основних видів забруднення вод в межах міста. Використання даного параметра дозволяє оперативно отримати інформацію про можливе забруднення водного об'єкта для прийняття управлінських рішень.

Як видно з наведених даних (рис. 5.16) в жовтні найбільш забруднена вода надходить з т.3. Проходячи до виходу з водосховища вода поступово очищається. Поверхневий стік від т.4 – т.6 уповільнює швидкість очищення води, тоді як т.1 водосховища менш значуще впливає на її якість. На виході з водосховища (т. 7) вода максимально очищена, ймовірно, внаслідок того, що хімічно-небезпечні речовини коагулюють або випадають в осад, зменшуючи значення її електропровідності.

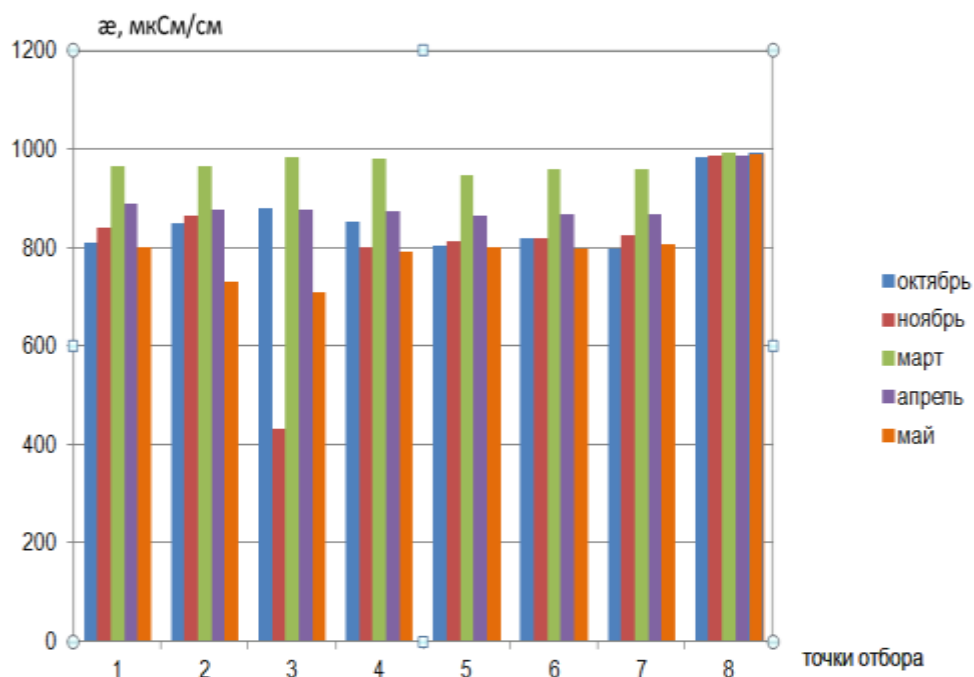


Рис. 5.16. Результати дослідження якості води Олексіївського водосховища за показником електропровідності протягом осені 2015 - весни 2016 р.р . в т.т. 1 – 8 [8].

У листопаді найбільш забруднена вода біля т. 2 і біля т. 1. Видно, що показники в цих точках вирости в порівнянні з минулим місяцем. Причиною цього можуть бути змиви з міста після дощу. У воді вт.3 стався, можливо, процес коагуляції або осадження, в результаті якого показники електропровідності в порівнянні з минулим місяцем знизилися. У т.7 –т.4 спостерігається зменшення показників електропровідності, причиною цього може бути речовина, зумовила значне зменшення мінералізації річкової води. Ймовірно, це коагулянт або осаджувач, який викликав перехід в нерозчинну форму ряду йонів, присутніх в воді т.3. Розведення води річки великою кількістю чистої води мало ймовірно в умовах урбоєкосистеми м. Харкова.

Взимку водосховище повністю замерзає, тому проби не відбиралися. У березні лід на водосховище повністю розтанув. Як видно з наведених даних (рис. 5.16), навесні вплив окремих складових урбоєкосистеми м. Харкова на

якість води водосховища майже повністю нівелюється талими водами т.1 –т.7. Показники електропровідності в т.8 приблизно збігаються з показниками в водосховищі. Це може свідчити про те, що покриття на дні водосховища може бути пошкоджено і вода просочується під землю і потрапляє в підземні води. Поверхневий стік в межах урбоєкосистеми сприяв підвищенню електропровідності, і відповідно, забрудненню води Олексіївського водосховища.

Як видно з наведених даних, результати за квітень місяць значно нижче, ніж за березень, це пов'язано з тим, що сніг вже повністю розтанув і тому не було значної кількості стічних вод з урбоєкосистеми.

У березні, як видно з наведених даних (рис. 5.16), вплив окремих складових урбоєкосистеми м. Харкова на якість води водосховища майже повністю нівелюється талими водами (т. 1 – т. 7). Показники електропровідності в джерелі приблизно збігаються з показниками в водосховище (8). Це також може свідчити про те, що покриття на дні водосховища може бути пошкоджено і вода просочується під землю і по-падає в підземні води. Поверхневий стік в межах урбоєкосистеми викликав підвищення значення електропровідності, і відповідно, забруднення води Олексіївського водосховища.

Як видно з наведених даних, результати за квітень місяць значно нижче, ніж за березень. Це пов'язано з тим, що сніг вже повністю розтанув і тому не було значного стоку.

Вплив т.2 та т.3 на якість води водосховища знову починає проявлятися в травні. Це може бути пов'язано з деяким розведенням води р. Олексіївка дощовими водами, оскільки проби відбиралися безпосередньо після дощу і по-поверхневі стік не встиг вимитися. Але, як видно з рис. 5.16, при проходженні води від т.2 до т.7 відбувається її перемішування і приведення до певного стабільного значення показника електропровідності (крім березня - квітня).

Як видно з рис. 5.16, восени вплив окремих складових урбоєкосистеми м. Харкова на якість води водосховища є помітним: можна виділити вплив т.2. та

т.3 і прилеглих до них точок. Тоді як в перші місяці весни (березень, квітень) цей вплив нівелюється: спостерігається рівномірне збільшення показника електропровідності для всіх досліджуваних проб води водосховища, викликане, ймовірно, додаванням забруднених талих вод від усіх складових урбоєкосистеми. Деяке зменшення цього показника в квітні може бути обумовлено розведенням води водосховища дощовими водами.

Можна відзначити, що окремі складові урбоєкосистеми м. Харкова значимо впливають на загальний солевміст води водосховища осінній період і починають проявлятися в кінці весни. На початку весни на якість води Олексіївського водосховища значимо впливають природні чинники.

Якщо порівнювати якість води водосховища і джерело підземної мінеральної води поблизу (т. 8, рис. 5.16), то відзначається, що вміст солі в т. 8 вище і майже не залежить від сезону. Вірогідно, на відміну від водосховища, він обумовлений хімічним складом ґрунтів і, можливо, впливом поверхневого стоку. Оскільки електропровідність води Олексіївського водосховища є мінливим показником і в середньому (крім березня-квітня) нижче за значенням, ніж електропровідність т.8, то очевидно, що ґрунтові води не впливають суттєво на харчування водосховища і на якість води в ньому.

5.1.3. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунтових вод. В роботі вимірювали електропровідність та мінералізацію для 5 міських водойм. Як референтні взято проби води з водойм розташованих в рекреаційній зоні поза межами міста [12].

Дослідження стану водойм м. Харкова проводилося використанням кондуктометричного методу. Зразки поверхневої води відбирались на протязі квітня - травня 2017 року відповідно до ISO 5667-4:2016. Місця відбору проб наведено на рис .5.17, (де Озеро Комсомольське (1), Озеро Очерет (2), Павлівське водосховище (3), Ставок № 1 в балці Глибокий Яр (4),

Петренківське водосховище (5), Озеро Глибоке № 1 (6), Озеро Глибоке № 2 (7)).

Для кожної проби води здійснювали вимірювання електропровідності та мінералізації (TDS) 5 разів. Всі вимірювання проведені з автоматичною температурною компенсацією.

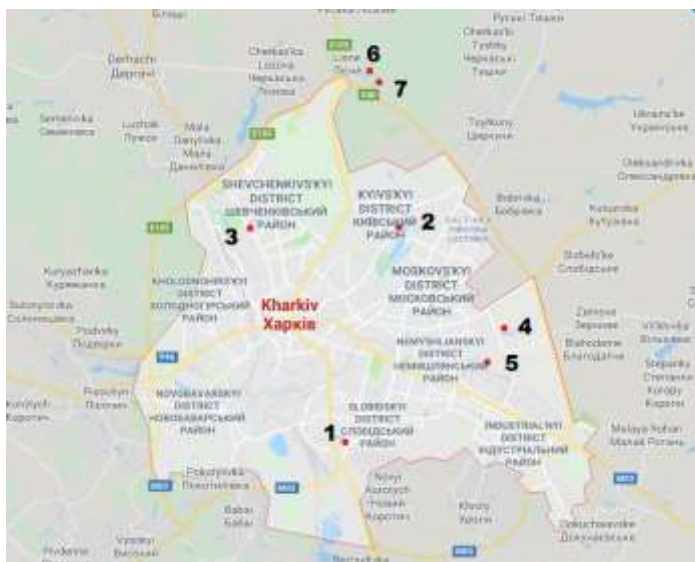


Рис. 5.17. Місця відбору проб води.

Отримані значення обробляли стандартними статистичними методами при вірогідності $P = 0,95$.

В роботі було досліджено стан міських водних об'єктів навесні для відстеження можливих максимальних коливань показників, що спричинені потраплянням у водойми хімічно-небезпечних речовин з талими водами.

Результати визначень електропровідності та мінералізації досліджуваних проб води наведено на рис. 5.18 та 5.19. Для Павлівського водосховища та Ставка № 1 в балці Глибокий Яр не було можливості відібрати проби наприкінці квітня. Для Петренківського водосховища відібрано дві проби води, (point 1 та point 2).

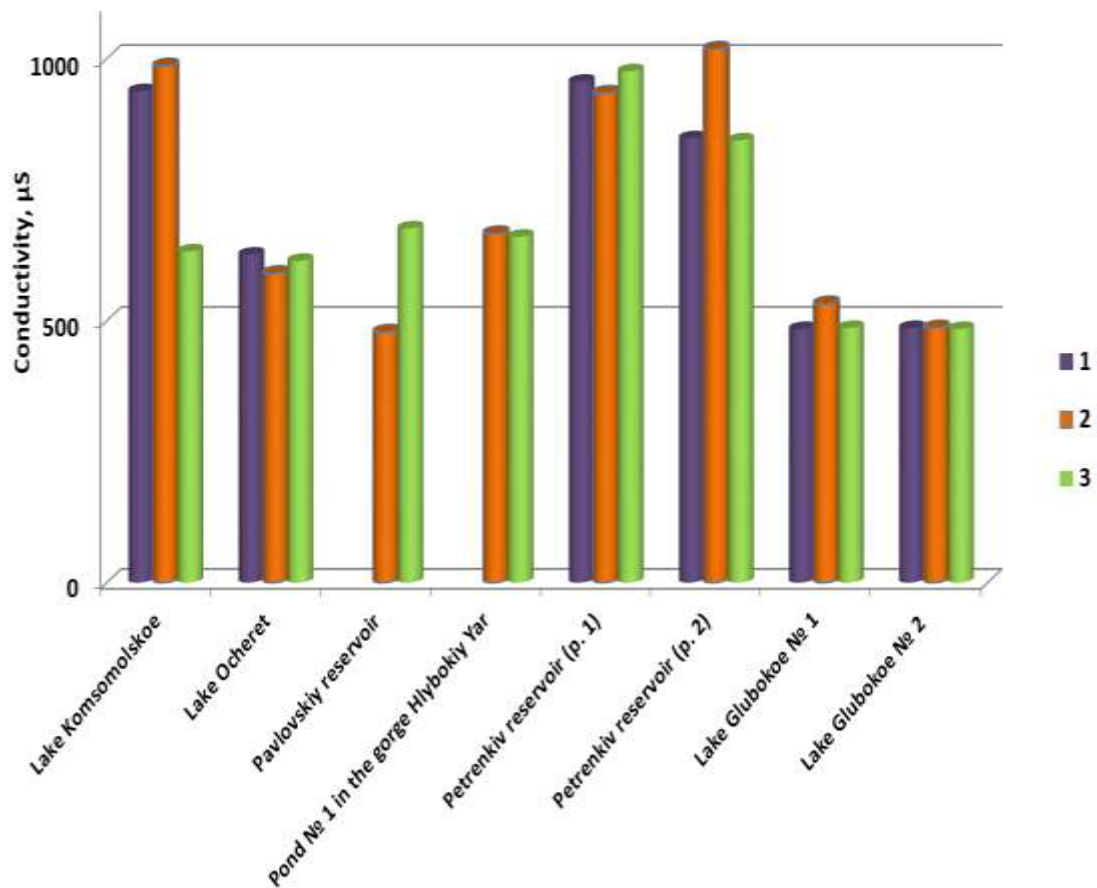


Рис. 5.18. Значення електропровідності досліджуваних проб води водних об'єктів наприкінці квітня (1), в середині травня (2), наприкінці травня (3) [12].

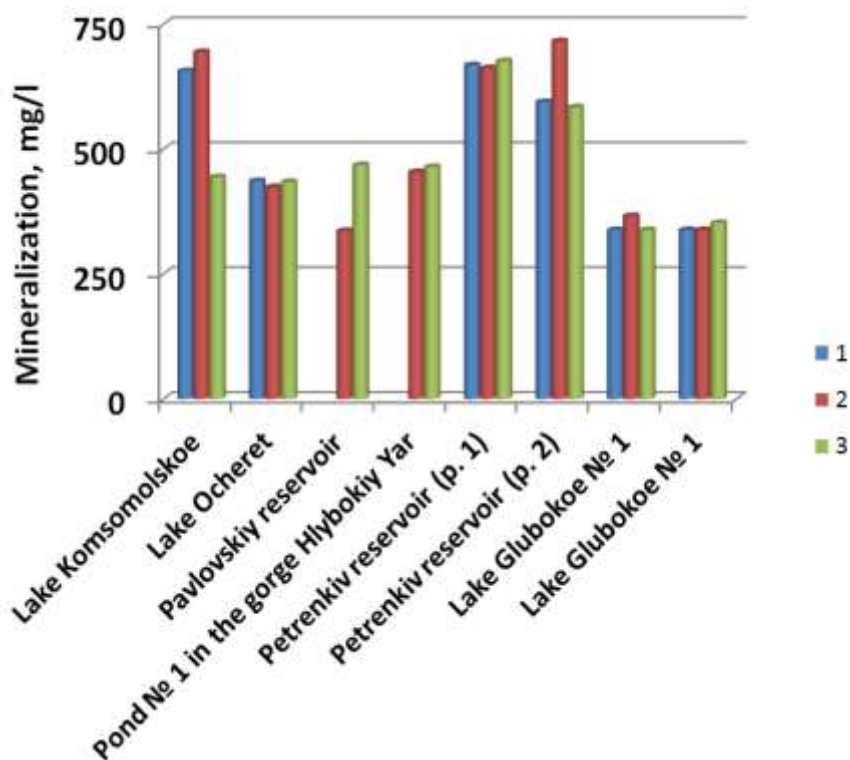


Рис. 5.19. Значення мінералізації досліджуваних проб води водних об'єктів наприкінці квітня (1), в середині травня (2), наприкінці травня (3) [12].

Як видно з рисунків 5.18 та 5.19 протягом досліджуваного часу для води озера Комсомольське спостерігається зниження значень електропровідності і, відповідно, мінералізації, в 1.5 рази. Тобто, відбувається розведення води озера. На початку травня йшли дощі в м. Харкові й, вірогідно, відбулось розведення води озера дощовими водами.

В озері Очерет значення мінералізації та електропровідності майже не змінилися, скоріш за все, воно має ґрунтове живлення, а дощові води на його склад не впливають.

Петренківське водосховище досліджувалось у point 1 та point 2 (рис. 5.18, 5.19). В р. 1 виміряні значення електропровідності та мінералізації вище, ніж в р. 2. Причиною таких стабільно підвищених показань, ймовірно, є те, що вода в р.1 зазнає більшого антропогенного впливу порівняно з р.2. У р. 2 на початку травня, скоріш за все, відбулось випадкове забруднення.

Для Павлівської водойми (рис. 5.18, 5.19) в травні спостерігається зростання вмісту розчинених речовин. Ймовірно, це відбувається внаслідок змивів забруднюючих речовин з приватного сектору, розташованого поруч, дощовими водами з поверхневим стоком у воду водойми.

В Ставку №1 в балці Глибокий Яр значення вимірних параметрів майже не змінилися за досліджуваний час, тобто, скоріш за все він має підземне живлення, а дощові води та поверхневий стік на склад його води значно не впливають.

Озера Глибоке № 1 та Глибоке № 2 мають майже однакові значення параметрів мінералізації та електропровідності в досліджуваний період, що може свідчити про їх живлення з одного водоносного горизонту. Причому їх живлення відбувається переважно за рахунок підземного джерела, оскільки дощові води травня не спричинили значного впливу на зміну стану води цих водойм в досліджуваний період.

Усереднені значення досліджуваних параметрів водних об'єктів представлені на рис. 5.20 та 5.21.

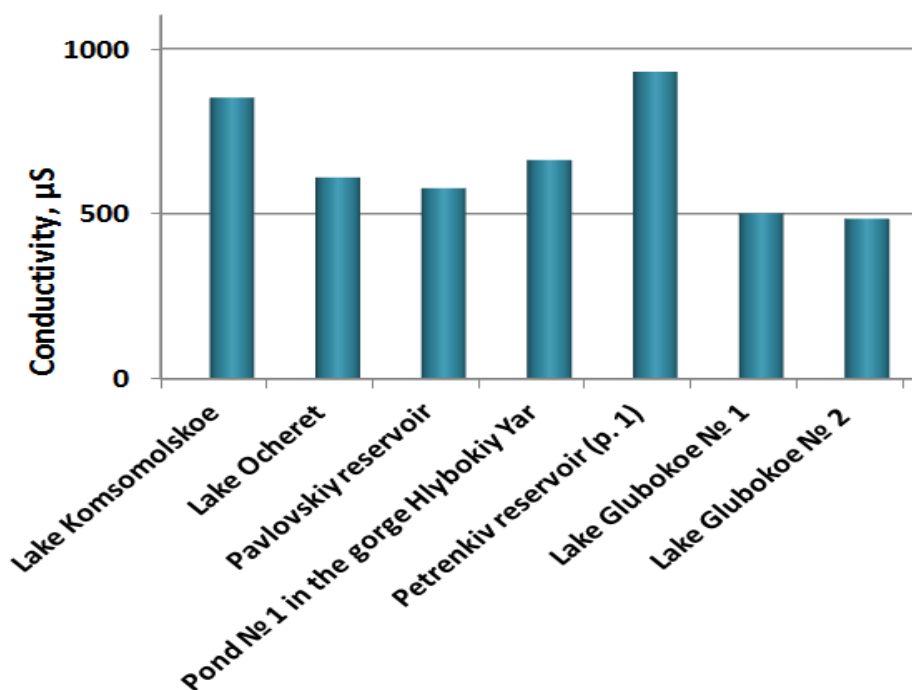


Рис. 5.20. Усереднені значення електропровідності досліджуваних водних об'єктів [12].

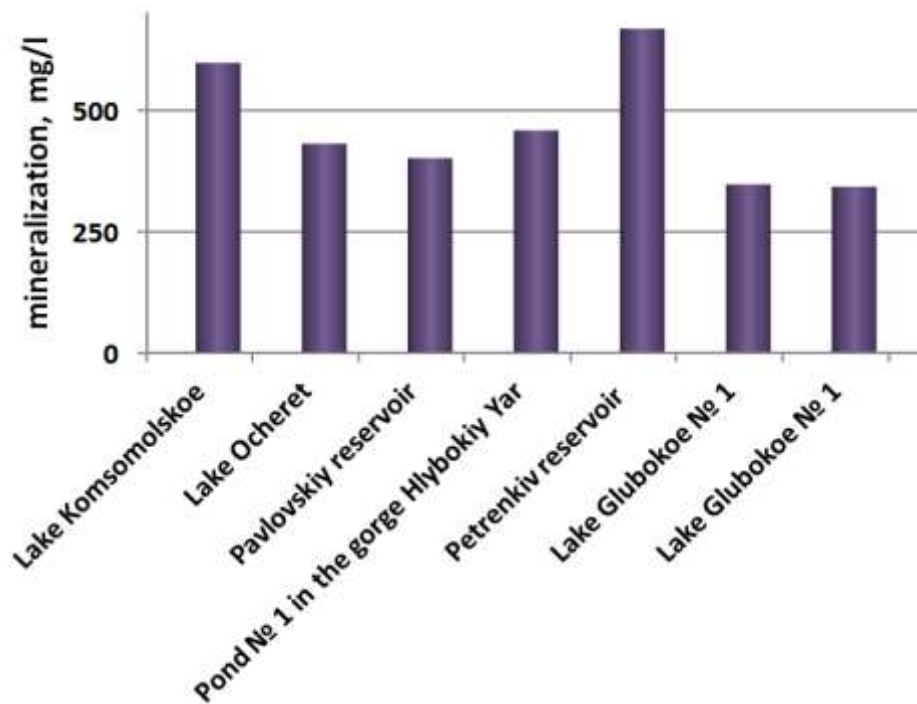


Рис. 5.21. Усереднені значення мінералізації досліджуваних водних об'єктів [12].

Як видно, для водойм міста Харкова електропровідність коливається в діапазоні від 590 мкСм/см до 910 мкСм/см, для водних об'єктів, що знаходяться в рекреаційній зоні поблизу м. Харкова (озера Глибоке №1 та Глибоке № 2), вона ставить 500 мкСм/см. Характерні значення мінералізації для досліджуваних водойм становлять 400-670 мг/л, а для озер Глибоке № 1 та Глибоке № 2 – 345 мг/л.

Відповідно, показано, що водні об'єкти, розташовані в межах міста знаходяться під постійним антропогенним навантаженням. Сукупність факторів, що здійснюють цей негативний вплив, варіюється в кожному окремому випадку [13, 14]. Розуміння можливих наслідків забруднення дозволяє вживати своєчасних превентивних заходів та приймати необхідні управлінські рішення щодо керування міським водним циклом.

За допомогою параметра електропровідності надалі визначено коефіцієнт ідентифікації K_{Id} . Методика визначення K_{Id} води методом прямої кондуктометрії з платиновими електродами включала наступні стадії:

- визначали електропровідність аліквоти розчину досліджуваної води з урахуванням температурного коефіцієнта;

- готували розведенням вихідного розчину дистильованою водою в n раз ($n = (1 \div 2)$) серію розчинів ($k = 8 \div 11$) і вимірювали електропровідність цих розчинів;

- будували залежність в координатах «ступінь розведення - зворотна електропровідність розчину» і розраховували тангенс кута нахилу отриманої залежності.

Для ідентифікації зразка природної води застосовували K_{Id} і електропровідність раніше досліджених розчинів. Обробку результатів проводили із застосуванням відомих статистичних прийомів для $P = 0,95$, кількість визначень $l = 3$.

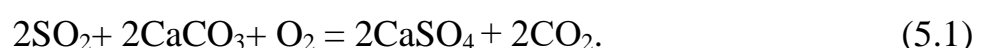
5.2. Керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах.

В роботі проаналізовано потенційний вплив порушення технологічних процесів на об'єкті критичної інфраструктури на ґрунтові води внаслідок потрапляння в них хімічно-небезпечних речовин [15].

При виробництві з домінуванням небезпеки II та III рівня (як зазначалося в розділі 4) можна виділити наступні блоки (рис. 5.22).

На рівень підготовчих процесів (рівень I) можна віднести блоки 1 – 7.

В блоці 1 «Природний газ» відбувається вилучення сірки з природного газу за узагальненим хімічним рівнянням (5.1):



Як хімічно-небезпечні речовини при цьому можуть виступати карбонат кальцію та сульфат кальцію. За умови більшої розчинності останнього

можливе незначне потрапляння в ґрунтові води часток сульфату кальцію при порушенні технологічних процесів на цьому етапі. Але сполуки сульфат кальцію (гіпс) та карбонат кальцію (крейда) відносяться до природних речовин і їх небезпечний вплив є досить умовним.

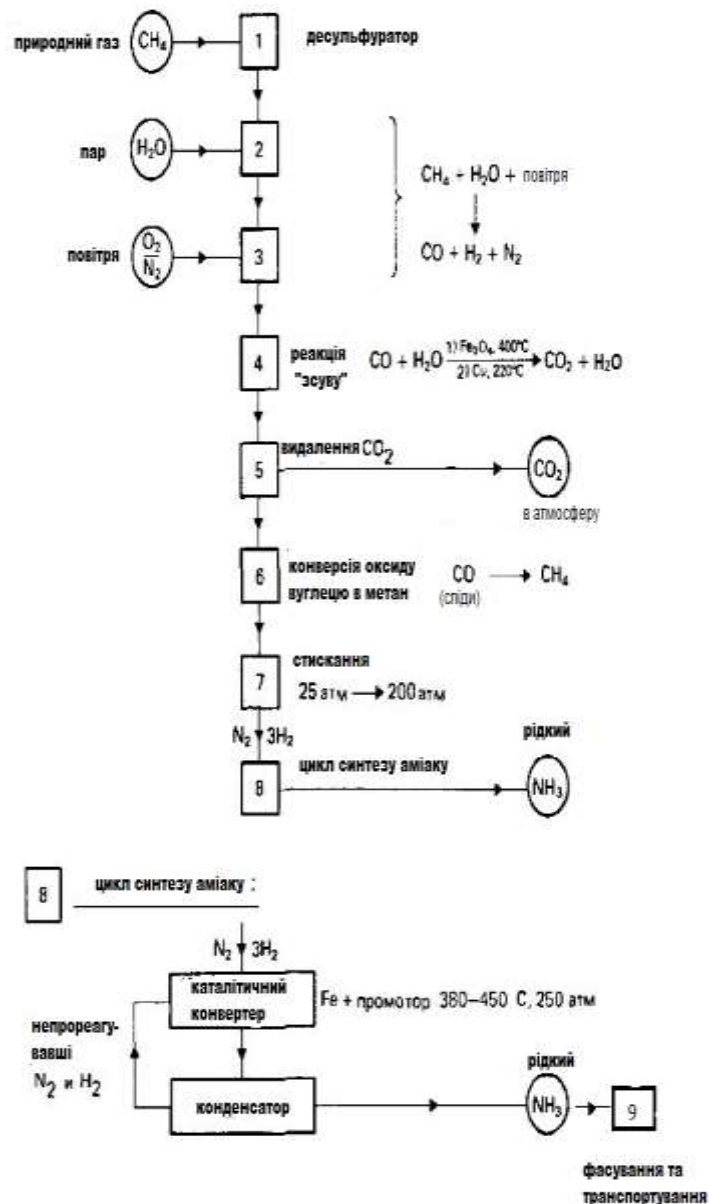


Рис. 5.22. Схема керуючого алгоритму інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру на об'єкті критичної інфраструктури з домінуванням небезпеки II та III рівня.

В другому блоці «Пар» має місце процес отримання водню відновленням пари при 750°C та 30 атм. над нікелевим каталізатором за хімічним рівнянням (5.2):



Відповідно, хімічно-небезпечною речовиною при цьому будуть частки нікелю, які незначно можуть кородувати в ґрунтових водах.

Блок 3 «Повітря» характеризується окисненням частки водню. Реакція відбувається в повітряному середовищі та не потребує спеціальних умов.

В блоці 4 «Реакція зсуву» здійснюється «реакція зсуву» :



Вона відбувається в двох «реакторах зсуву». В першому використовуються оксид заліза (III) як каталізатор, в другому – мідь. Відповідно, в першому реакторі може відбуватись порушення технологічних процесів з потраплянням в ґрунт оксиду заліза (III), а в другому – міді. Це малорозчинні сполуки, які можуть давати незначну частку відповідних хімічно-небезпечних речовин в ґрунтові води.

В блоці 5 «Видалення CO₂» відбувається вимивання діоксиду вуглецю з газової суміші за допомогою буферного лужного розчину карбонату калію з утворенням сульфату (рівняння 5.1) або сульфату кальцію . Діоксид вуглецю зріджують і використовують для виробництва сечовини, або випускають в атмосферу. В ґрунтову воду можуть незначно потрапляти, відповідно, карбонат та сульфат кальцію, які були розглянуті вище.

В блоці 6 «Конверсія оксиду вуглецю в метан» моно оксид вуглецю, який залишивсь після 4 блоку, видаляють шляхом конверсії воднем в метан на нікелевому каталізаторі при температурі 325° С (зворотна реакція 5.2). Відповідно, може міститись у воді незначна кількість нікелю. Скоріш за все,

ще менша, ніж на етапі 2, оскільки перетворюються залишкові кількості монооксиду вуглецю.

В блоці 7 «Стискання» газову суміш (74 % водню і 25 % азоту), піддають стисненню від 25 - 30 атм. до 200 атм. Оскільки цей процес супроводжується підвищенням температури суміші, то її охолоджують безпосередньо після стиснення. При цьому можуть мати місце температурні зміни води, вірогідно, без зміни її хімічного складу.

Блок 8 «Цикл синтезу аміаку» складає рівень основних процесів (рівень II). В блоці 8 газ з компресора надходить у «цикл синтезу аміаку». При цьому газова суміш потрапляє в каталітичний конвертер з залізним каталізатором та температурою 380 - 450°C. Потім аміак зріджують і направляють в приймальний бункер. Гази, які не прореагували, повертають в конвертер. Відповідно, в довкілля можуть потрапляти частки заліза, які можуть накопичуватись у ґрунті та ґрунтових водах, кородувати, та в подальшому спричиняти виникнення надзвичайної ситуації. В блоці може мати місце протікання рідкого аміаку, його потрапляння у воду та подальше концентрування у вигляді NH_4^+ .

В блоці 9 «Фасування і транспортування» (блок III, фасування та транспортування) відбувається розподіл зрідженого аміаку в тару та її подальше транспортування. При фасуванні може відбуватись протікання рідкого аміаку та подальше його концентрування у вигляді NH_4^+ у воді.

Як видно, переважна поява хімічно-небезпечних речовин у ґрунтовій воді з розвитком надзвичайної ситуації може мати місце в блоках рівня II (основні процеси) та рівня III (фасування та транспортування).

Виходячи з вищезазначеного, схема керуючого алгоритму інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах буде мати вигляд як вказано на рис. 5.23.

На першому рівні розташовано \checkmark блоків, що відповідають числу точок контрольних пунктів спостережень (КПС).

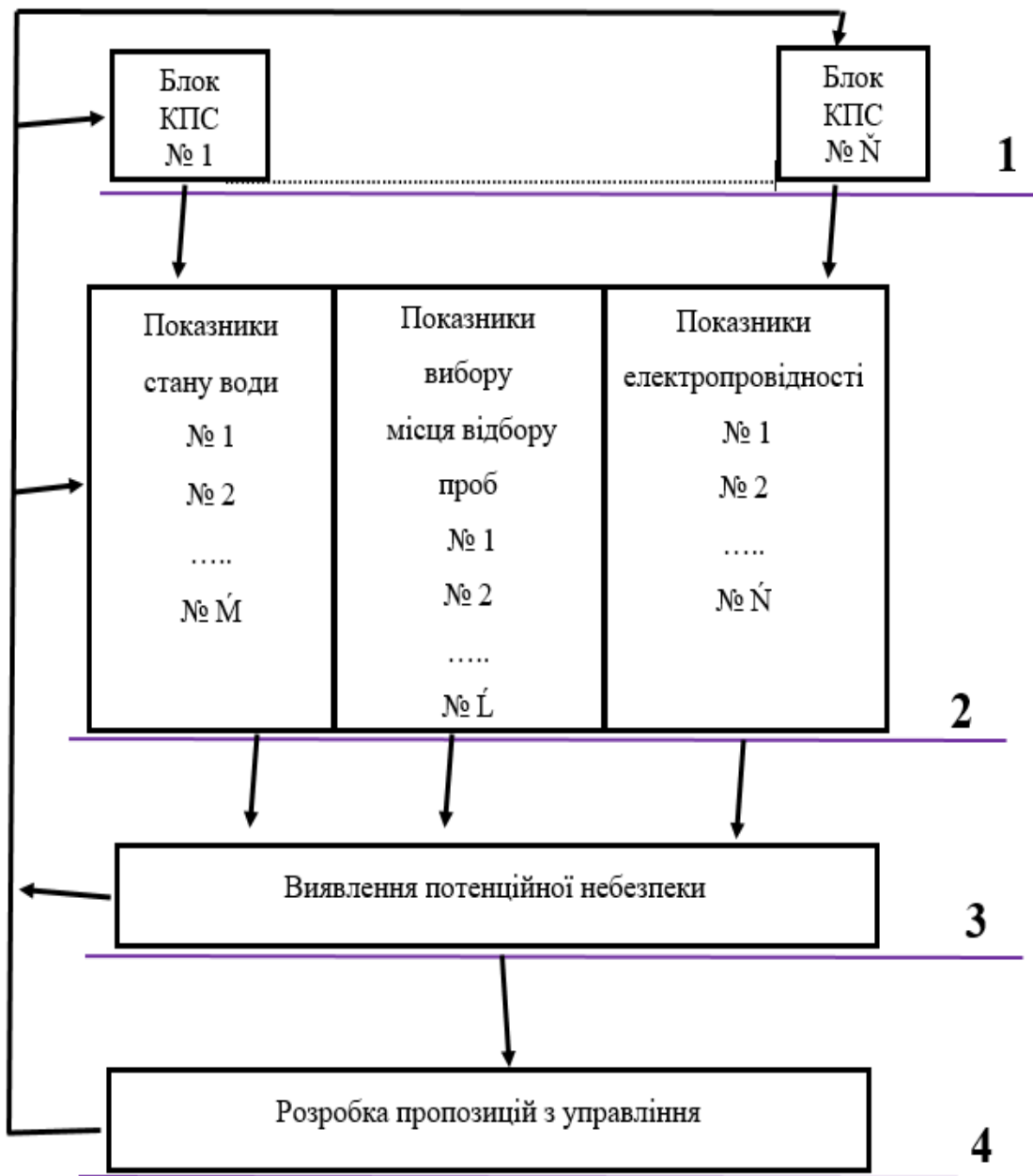


Рис. 5.23. Схема керуючого алгоритма інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах.

На другому рівні розташований блок, що складається з трьох субблокових показників стану води, вибору місця відбору проб та електропровідності. Кількість показників в кожному субблоці визначається набором відповідних параметрів.

На третьому рівні розташований блок «Виявлення потенційної небезпеки», де відбувається виявлення наростаючої тенденції небезпечного параметру.

На четвертому рівні розташований блок «Розробка пропозицій з управління». Блоки четвертого та третього рівня зворотними зв'язками зв'язані з блоками другого та першого рівнів, що забезпечує неперервний процес управління.

Таким чином, керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах реалізує відповідну розроблену математичну модель та складається з чотирьох типів блоків, розташованих на чотирьох ієрархічних рівнях, що пов'язані прямими й зворотними логічними зв'язками чим забезпечується неперервний процес попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

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.

Використання інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах передбачає реалізацію декількох процедур [16, 17, 18].

Інженерно-технічний метод попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах призначений для попередження НС техногенного характеру й дозволяє скоротити кількість

наслідків НС першого та другого рівнів пріоритетності та недопустити переростання останньої на регіональний рівень поширення небезпеки

Використання методу передбачає виконання наступних семи процедур.

1. Збір і систематизація даних щодо стану ґрунтових вод.
2. Формалізація систематизованих даних щодо стану ґрунтових вод.
3. Рішення окремої задачі з вибору показника стану води на території потенційної зони НС.
4. Рішення окремої задачі з вибору місць відбору проб води в зоні НС.
5. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунтових вод.
6. Прийняття управляючого рішення щодо стану ґрунтових вод.
7. Контроль виконання прийнятого рішення.

Перша процедура «Збір і систематизація даних щодо стану ґрунтових вод» спрямована на збір даних щодо стану ґрунтових вод поблизу джерела небезпеки та отримання інформації про стан показників небезпеки джерела потенційної НС у конкретний проміжок часу. Систематизація інформації щодо стану ґрунтових вод передбачає таку обробку інформації з метою приведення її до певного виду, яка дозволяє представнику ДСНС України (оператор чи керівник з ліквідації наслідків НС) відповідно відреагувати на зібрану інформацію та виробити надалі адекватне управлінське рішення.

Друга процедура «Формалізація систематизованих даних щодо стану ґрунтів» полягає у спрощенні та прискоренні процедури подальшої обробки даних, що отримані в процесі збору інформації. Вона спирається на такі принципи, як зручність у використанні, простота, структурованість, необхідність, наглядність, безпечність, стислість, доцільність використання.

Третя процедура «Рішення окремої задачі з вибору показника стану води на території потенційної зони НС» розглянута у цьому розділі вище та передбачає забезпечення відносної міри достатності отриманих даних від показників небезпеки джерела потенційної НС для прийняття управляючого

рішення щодо кількості та якості заходів із протидії поширенню наслідків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Четверта процедура «Рішення окремої задачі з вибору місць відбору проб води в зоні НС» розглянута у цьому розділі вище та передбачає оцінку ефекту застосування цього методу під час поширення наслідків першого та другого рівнів пріоритетності.

П'ята процедура «Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунтових вод» розглянута у цьому розділі вище та передбачає забезпечення суб'єктивної міри достатності отриманих даних від показників небезпеки джерела потенційної НС для прийняття управляючого рішення щодо кількості та якості заходів із протидії поширенню наслідків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

При виконанні п'ятої процедури можуть мати місце два варіанти її реалізації залежно від значень мінералізації (електропровідності) зразків ґрунтових вод:

Варіант 1. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунтових вод, що включає експрес-ідентифікацію прісних та слабомінералізованих водних розчинів. Ця процедура забезпечується шляхом експрес-ідентифікації прісних та слабомінералізованих водних розчинів, що дозволяє скоротити час аналізу та точно отримати строго індивідуальну характеристику для зазначених різновидів вод - електропровідність вихідного розчину та коефіцієнт ідентифікації як нахил функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення.

Ця процедура забезпечується шляхом вимірювання електропровідності зразка водного розчину, що ідентифікують, послідовного експрес-розведення вихідного водного розчину у n' разів, де $n' = (1 \div 2)$, та приготування розчинів з різною концентрацією розчину, що ідентифікують, визначення їх електропровідності, розрахування коефіцієнту ідентифікації K_{Id} як нахилу функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення, за яким, сумісно із значенням вимірюваної електропровідності,

ідентифікують водний розчин. При цьому виконують послідовне розведення порції вихідного водного розчину за допомогою дозатора та здійснюють безпосереднє вимірювання електропровідності після кожного розведення .

Таке виконання процедури дозволяє швидко ідентифікувати прісні води та слабомінералізовані водні розчини за електропровідністю вихідного розчину та коефіцієнтом ідентифікації як нахилом функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення n' ($n' = (1 \div 2)$).

Так, приготування серії розчинів при ідентифікації водного розчину у випадку попередження НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах для побудови залежності в координатах «обернена електропровідність - ступень розведення» потребує певного часу. Для отримання метрологічних характеристик визначення (збіжність, похибка вимірювання) цю послідовність необхідно реалізовувати 2 - 3 рази [19, 20]. Час ідентифікації – 3 години.

Перехід до використання дозатора, який дозволяє послідовно додавати порції розчинника (дистильованої води) у ємність з вихідним аналізованим розчином та проводити вимірювання безпосередньо в цій ємності дає можливість скоротити час аналізу до 20 хв та отримати результати з задовільними метрологічними характеристиками.

У якості дозатора можна використовувати бюретку.

Приклад реалізації першого варіанту п'ятої процедури наведено нижче:

1. Вимірюють електропровідність вихідного розчину. Проводять послідовне розведення вихідного розчину в n' разів, де $n' = (1 \div 2)$, шляхом додавання до нього порцій розчинника (дистильованої води) – «титрують» вихідний розчин. Вимірюють електропровідність розчину після додавання кожної порції розчинника з урахуванням температурного коефіцієнту.

2. Будуть залежність у координатах «ступінь розведення – обернена електропровідність розчину».

3. Розраховують тангенс кута нахилу отриманої залежності. отримують коефіцієнт ідентифікації (K_{Id}) розчину, що аналізують.

4. Для ідентифікації використовують K_{Id} та електропровідність вихідного розчину.

На рис. 5.24 наведено залежності оберненої електропровідності ($1/\kappa$) від ступеня розведення (n') для різних зразків води (прямі 1 - 5) при розведенні вихідного розчину з використанням дозатора - бюретки. Як видно з рис. 5.24 лінійна залежність спостерігається для всіх зразків води в зазначеному діапазоні з використанням такого способу розведення.

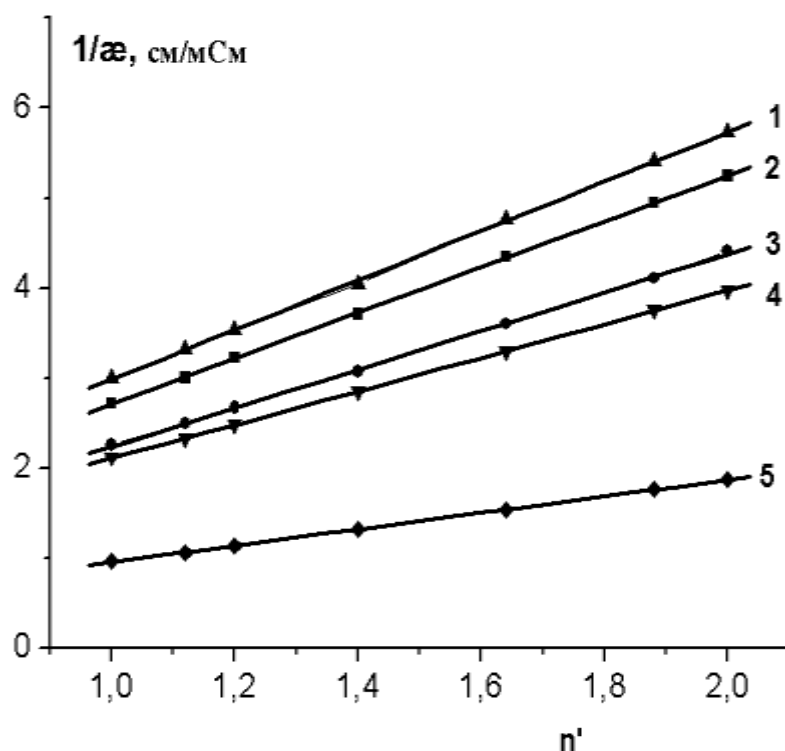


Рис. 5.24. Залежності оберненої електропровідності ($1/\kappa$) від ступеня розведення (n') для різних зразків води (1 - 5).

В табл. 5.10 представлено результати визначення K_{Id} для різних зразків води шляхом використання мірних колб та дозатора (бюретки) при розведенні вихідного розчину в n' разів, де $n' = (1 \div 2)$.

Таблиця 5.10. Результати визначень K_{Id} для різних типів вод.

№ з/п	Тип води	Нормативний документ за яким вироблено воду	Загальна мінералізація, Г/ДМ ³	Розведення в колбі		«Титрування»	
				K _{Ід}	S _{KІд}	K _{Ід}	S _{KІд}
Зразок 1	не вказано	ТУ У 15.9-35233196-004-2009	0,15 - 0,4	2,740	0,070	2,751	0,020
Зразок 2	не вказано	ТУ У 15.9-05391057-005-2004	0,2-0,45	2,604	0,038	2,539	0,011
Зразок 3	гідрокарбонатно-хлоридна, хлоридно-гідрокарбонатна натрієва, кремнієва натуральна	ДСТУ 878-93	0,2 – 0,6	2,195	0,021	2,142	0,018
Зразок 4	гідрокарбонатна складного катіонного складу	ДСТУ 878-93	0,3 – 0,8	1,830	0,029	1,865	0,009
Зразок 5	не вказано	ТУ У 15.9-00375326-002-2007	0,1 – 1,0	0,969	0,020	0,914	0,002

Як видно з табл. 5.10, коефіцієнти ідентифікації, отримані різними шляхами для одного зразка води, відрізняються між собою незначно. Для одного й того ж зразка води похибка визначення K_{Ід} шляхом використання дозатора, виражена через стандартне відхилення (S_{KІд}), має один порядок з

похибкою визначення K_{Id} шляхом використання розведення в колбі або ж ще менша від неї та характеризується величиною $2 \times 10^{-2} \div N \times 10^{-3}$ (N – ціле число).

Запропонована процедура дозволяє прискорити у 8 - 9 разів процес ідентифікації вод за електропровідністю вихідного розчину та коефіцієнтом ідентифікації як нахилом функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення n' ($n' = (1 \div 2)$) та спростити саму процедуру за рахунок зменшення кількості хімічного посуду, що використовується, та стадій аналізу. При цьому точність визначення не погіршується.

Окрема ситуація спостерігається при попередженні надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, що включають ідентифікацію ґрунтових вод середньої та високої мінералізації.

Так, приготування серії розчинів для побудови залежності в координатах «обернена електропровідність - ступень розведення» при використанні K_{Id} для ідентифікації водного розчину середньої чи високої мінералізації у випадку попередження НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтах потребує близько 3 годин [19]. Для зменшення часу ідентифікації в роботі запропоновано реалізацію другого варіанту п'ятої процедури:

Варіант 2. Рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб ґрунтових вод, що включає експрес-ідентифікацію водних розчинів середньої та високої мінералізації. Ця процедура дозволяє здійснювати експрес-ідентифікацію водних розчинів середньої або високої мінералізації, що дозволить швидко та точно отримати строго індивідуальну характеристику для зазначених різновидів вод - електропровідність вихідного розчину та коефіцієнт ідентифікації як нахил функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення та своєчасно попередити перехід вищезазначених надзвичайних ситуацій на інший, більш високий, рівень.

Реалізація цієї процедури забезпечується шляхом експрес-ідентифікації водних розчинів середньої та високої мінералізації, яка полягає у вимірюванні

електропровідності зразка водного розчину, що ідентифікують, розведенні вихідного розчину в n' разів ($n' = 2,0 \div 100,0$) та приготуванні розчинів з різною концентрацією розчину, що ідентифікують, визначенні їх електропровідності, розрахуванні коефіцієнту ідентифікації K_{Id} як нахилу функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення, за яким, сумісно із значенням вимірюваної електропровідності, ідентифікують водний розчин, при цьому виконують послідовне додавання порцій вихідного водного розчину до фіксованої кількості дистильованої води за допомогою дозатора та безпосереднє вимірювання електропровідності після кожного додавання, а n' є позитивне раціональне число.

Таке виконання процедури дозволяє швидко ідентифікувати водні розчини середньої або високої мінералізації за електропровідністю вихідного розчину та коефіцієнтом ідентифікації як нахилом функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення n' ($n' = (2,0 \div 100,0)$).

Використання дозатора, який дозволяє послідовно додавати порції вихідного розчину у ємність до розчинника (дистильованої води) та проводити вимірювання безпосередньо в цій ємності дає можливість скоротити час аналізу до 20 хв, зменшити кількість аналізованого розчину, що витрачається, та отримати результати з задовільними метрологічними характеристиками.

Процедуру здійснюють наступним чином:

1. Вимірюють електропровідність вихідного розчину та проводять послідовне додавання порцій вихідного розчину до розчинника (дистильованої води), отримуючи розведення вихідного розчину в n' разів, де n' – позитивне раціональне число та $n' = (2,0 \div 100,0)$, – «титрують» вихідним розчином. Вимірюють електропровідність розчину після додавання кожної порції вихідного розчину (0,2 – 15,0 мл) з урахуванням температурного коефіцієнту.

2. Будують залежність у координатах «ступінь розведення – обернена електропровідність розчину».

3. Розраховують тангенс кута нахилу отриманої залежності. отримують коефіцієнт ідентифікації (K_{Id}) розчину, що аналізують.

4. Для ідентифікації використовують K_{Id} та електропровідність вихідного розчину.

Приклади реалізації другого варіанту п'ятої процедури наведено нижче:

На рис. 5.25 наведено залежності оберненої електропровідності ($1/\kappa$) від ступеня розведення (n') для різних зразків води (прямі 1 - 5) при додаванні порцій вихідного розчину до розчинника (дистильованої води) з використанням дозатора - бюретки.

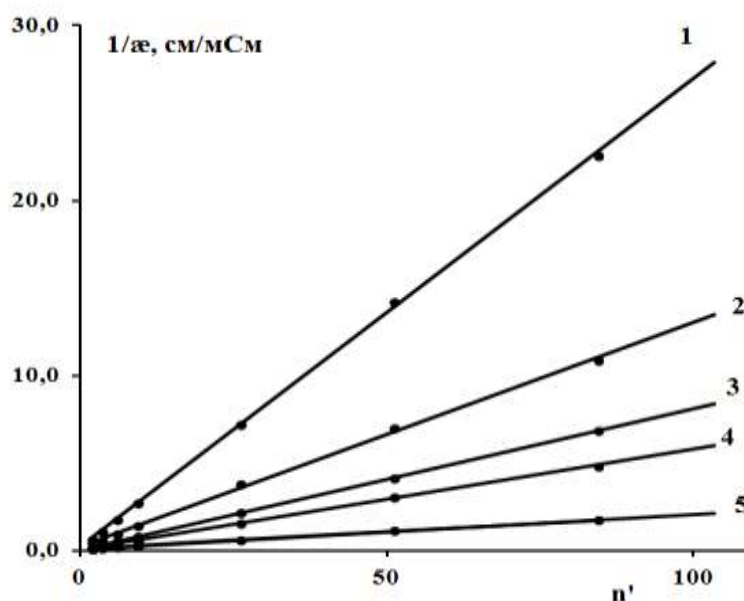


Рис. 5.25. Залежності оберненої електропровідності ($1/\kappa$) від ступеня розведення (n') для різних зразків води: (1 - 5) з використанням дозатора - бюретки.

Як видно з рис.5.25 лінійна залежність спостерігається для всіх зразків води в зазначеному діапазоні з використанням такого способу розведення. З наведених прикладів (рис. 5.25) видно, що лінійний закон виконується для вод підвищеної мінералізації при розведенні вихідного розчину в n' разів, де n' – позитивне раціональне число та $n' = (2,0 \div 100,0)$. Стандартне відхилення нахилу отриманих залежностей характеризується величиною $3 \times 10^{-3} \div N \times 10^{-4}$ (N – ціле число) та не вище значень похибок визначення K_{Id} , отриманих шляхом використання розведення в колбі або ж ще менша від неї.

Запропонована процедура, що включає експрес-ідентифікацію водних розчинів підвищеної мінералізації, які характеризуються постійним співвідношенням йонного складу, дозволяє прискорити у 8 - 9 разів процес їх ідентифікації за електропровідністю вихідного розчину та коефіцієнтом ідентифікації як нахилом функціональної залежності оберненої електропровідності від ступеня розведення n' , де n' - позитивне раціональне число та $n' = (2,0 \div 100,0)$, та спростити саму процедуру за рахунок зменшення кількості хімічного посуду, що використовується, та стадій аналізу.

В шостій процедурі «Прийняття управляючого рішення щодо стану ґрунтових вод» за отриманими даними приймаються необхідні управлінські рішення щодо скорочення кількості наслідків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури першого та другого рівнів пріоритетності та недопущення переростання останньої на регіональний рівень поширення небезпеки [21].

Надалі **в сьомій процедурі «Контроль виконання прийнятого рішення»** отриманий коефіцієнт ідентифікації може застосовуватись для контролю поширення НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах.

Таким чином, застосування інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації хімічних речовин в ґрунтових водах, призначеного для попередження надзвичайної ситуації техногенного характеру, потребує рішення чотирьох задач для подальшого формування математичної моделі, що може бути реалізована через керуючий алгоритм, та забезпечується виконанням наступних семи процедур забезпечується виконанням наступних семи процедур: збір і систематизація даних щодо стану ґрунтових вод; формалізація систематизованих даних щодо стану ґрунтових вод; рішення окремої задачі з вибору показника стану води на території потенційної зони НС; рішення окремої задачі з вибору місць відбору проб води в зоні НС; рішення окремої задачі з вимірювання електропровідності проб

ґрунтових вод; прийняття управляючого рішення щодо стану ґрунтових вод;
контроль виконання прийнятого рішення.

Література до розділу 5.

1. Лобойченко, В.М. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

2. Loboichenko V.M., Vasyukov A.E., Tishakova T.S. Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2017. Vol.14, Iss. 4. P. 37–41. DOI: 10.3233/AJW-170035.

3. В.М. Лобойченко. Тішакова Т. С. Дослідження мінералізації природних дежерел Борівського району Харківської області Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». Дніпро. – 2017. – Т. I. –с. 109-110.

4. Directive 2009/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the exploitation and marketing of natural mineral waters (Recast) (Text with EEA relevance). Official Journal L 164, 26.6.2009. P. 45–58.

5. Лобойченко В.М, Райденко С. О. Моніторинг якості води р.Уди в Харківській області за показником мінералізації як складова її екологічної безпеки. *Екологічна безпека*. 2015. № 2(20). С. 19–25.

6. Лобойченко В.М., Ляховий О.О., Мікоткін І.С. Дослідження якості води Червонооскільського водосховища за показником мінералізації// Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика: збірка матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції X.: НУЦЗУ, 24 листопада 2016. С. 178.

7. Loboichenko V.M., Tishakova T.S., Vasyukov A.E. Application of direct coulometry for rapid assessment of water quality in Krasno-Oskol Reservoir (Kharkiv Region, Ukraine). *Der Pharma Chemica*. 2016. 8(19). P. 27–34.

8. Лобойченко В.М., Жук В.Н. Оцінка гідроекологічного стану міських водойм на прикладі Олексіївського ставка міста Харкова. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. Вип. 4/2017 (105). С. 74–81.

9. Лобойченко В.М. Експрес-аналіз природної води як складова ідентифікації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 20 Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 9-10 жовт. 2018 р. С. 271-272.

10. Loboichenko V., Strelets V., Leonova N., Malko A., Ilyinskiy O. Comparative Analysis Of Anthropogenic Impact On Surface Waters In Kharkiv Region. *Indian journal of Environmental Protection*. 2020. Iss. 40, Vol. 2. P. 134–139.

11. Sincheskul A., Pancheva H., Loboichenko V., Avina S., Khrystych O., Pilipenko A. Design of the modified oxide-nickel electrode with improved electrical characteristics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol 5, No 6 (89). P. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112264>.

12. Loboichenko V., Andronov V., Strelets V., Oliinykov O., Romaniak M. Study of the State of Water Bodies Located within Kharkiv City (Ukraine). *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2020. Vol. 17, No. 2. P. 15–21.

13. Dadashov I.F., Loboichenko V.M., Strelets V.M., Gurbanova M.A., Hajizadeh F.M., Morozov A.I. About the Environmental Characteristics of Fire Extinguishing Substances Used in Extinguishing Oil and Petroleum Products. *SOCAR Proceedings*. 2020, 1, 79–84.

14. Loboichenko V.M. Express-evaluation of water quality of the Merefa river and the ground water “Berezovskaya”. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10(60), 7–9.

15. Лобойченко В.М. Формування методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах. *Комунальне господарство міст*. 2020. 1(154), С. 298–305. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5568>.

16. Пат. 111077 Україна. МПК (2016.01) G 01 N 27/00, G 01 N 33/18 (2006.01). Спосіб експрес-ідентифікації водних розчинів середньої та високої мінералізації / В.М. Лобойченко, О.Є. Васюков, І.В. Іванов, В.В. Сабадаш; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № u 201605614; заявл. 24.05.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.

17. Лобойченко В.М. Експрес-ідентифікація природної води зі стабільним сольовим складом. *Екологічна безпека та природокористування*. 2017. № 3–4 (24). С. 67–73.

18. Пат. 101700 Україна. МПК (2015.01) G 01 N 27/00, G 01 N 15/00. Спосіб експрес-ідентифікації водних розчинів. / О.Є. Васюков, В.М. Лобойченко, А.І. Лозовий, І.В. Іванов, А.А. Карлюк; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № u 201503182; заявл. 06.04.2015; опубл. 25.09.2015, Бюл. № 18.

19. Пат. 103096 Україна. МПК (2013.01) G 01 N 27/00, G 01 N 15/00, G 01 N 33/18(2006.01). Спосіб ідентифікації водного розчинусередньої та високої мінералізації / О.Є. Васюков, В.А. Андронов, В.М. Лобойченко, А.В. Дрозд, С.Ю. Шекера; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № а 201200566; заявл. 18.01.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 17.

20. Пат. 89251 Україна. МПК (2014.01) G 01 N 27/00, G 01 N 15/00. Спосіб ідентифікації водного розчину/ О.Є. Васюков, , В.М. Лобойченко, А.І. Лозовий, С.В. Белан, А.А. Карлюк; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. - № u 201313968; заявл. 02.12.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

21. Ільїнський О., Лобойченко В., Квасов В., Варламов Є., Захарченко Ю. Щодо особливостей державного інформаційного обміну під час виникнення надзвичайних екологічних ситуацій. *Комунальне господарство міст*. 2020. 3(156), С. 170–179.

РОЗДІЛ 6. ПИТАННЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В НОРМАТИВНІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

6.1. Нормативно-правове регулювання питань захисту критичної інфраструктури та об'єктів підвищеної небезпеки

Понад три роки триває повномасштабне вторгнення РФ на українські терени, а загалом військова агресія триває понад десять років. Особливої актуальності в умовах воєнного стану набуває захист об'єктів критичної інфраструктури, порушення функціонування яких може призвести до виникнення надзвичайних ситуацій, зупинки надання вкрай необхідних послуг або становити загрозу національній безпеці.

Згідно Закону України «Про критичну інфраструктуру», об'єкти критичної інфраструктури – об'єкти інфраструктури, системи, їх частини та їх сукупність, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам [1].

Захист критичної інфраструктури є складовою частиною забезпечення національної безпеки України.

Особливості захисту та правового режиму об'єктів критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного та воєнного стану, особливого періоду регулюються законами України «Про правовий режим воєнного стану» [2], «Про правовий режим надзвичайного стану» [3], «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» [4] та «Про оборону України» [5].

Згідно Закону України «Про критичну інфраструктуру», до життєво важливих функцій та/або послуг, порушення яких призводить до негативних наслідків для національної безпеки України, належать, зокрема:

- 1) урядування та надання найважливіших публічних (адміністративних) послуг;
- 2) енергозабезпечення (у тому числі постачання теплової енергії);

- 3) водопостачання та водовідведення;
- 4) продовольче забезпечення;
- 5) охорона здоров'я;
- 6) фармацевтична промисловість;
- 7) виготовлення вакцин, стале функціонування біолабораторій;
- 8) інформаційні послуги;
- 9) електронні комунікації;
- 10) фінансові послуги;
- 11) транспортне забезпечення;
- 12) оборона, державна безпека;
- 13) правопорядок, здійснення правосуддя, тримання під вартою;
- 14) цивільний захист населення та територій, служби порятунку;
- 15) космічна діяльність, космічні технології та послуги;
- 16) хімічна промисловість;
- 17) дослідницька діяльність.

З метою узгодження дій суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури формується Реєстр об'єктів критичної інфраструктури, порядок ведення якого затверджено постановою Кабінету Міністрів №415 від 28 квітня 2023 року [6].

Об'єкти критичної інфраструктури (КІ) не обов'язково є об'єктами підвищеної небезпеки (ОПН), хоча часто ці категорії перетинаються.

Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» визначає правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки, і спрямований на захист життя і здоров'я людей та довкілля від шкідливого впливу аварій на цих об'єктах шляхом запобігання їх виникненню, обмеження (локалізації) розвитку і ліквідації наслідків [7].

Якщо об'єкти критичної інфраструктури є об'єктами підвищеної небезпеки, тобто, якщо у них наявні небезпечні технології або речовини, то потрібно проводити їх ідентифікацію. Ідентифікація об'єктів підвищеної

небезпеки проводиться з метою визначення та віднесення об'єктів, на яких розміщені установки, сховища (резервуари, посудини), трубопроводи, машини, агрегати, технологічне устаткування (обладнання), споруди або комплекс споруд, що розташовані в межах об'єкта на поверхні землі або під землею (далі – виробнича одиниця), в яких тимчасово або постійно використовується, переробляється, виготовляється, транспортується, зберігається одна або кілька небезпечних речовин, до об'єктів підвищеної небезпеки відповідного класу. Процедура проведення ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки визначено постановою Кабінету Міністрів України «Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки» № 1030 від 13 вересня 2022 року [8].

Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки проводиться юридичними або фізичними особами-підприємцями, тобто суб'єктом господарювання стосовно об'єктів, які перебувають у їх власності або користуванні, у яких тимчасово або постійно використовується, переробляється, виготовляється, транспортується, зберігається одна або кілька небезпечних речовин.

Ідентифікація ОПН стосовно об'єктів, які проектуються, проводиться замовниками будівництва.

Ідентифікація ОПН стосовно об'єктів, інформація про які є державною таємницею, проводиться з дотриманням вимог відповідних нормативно-правових актів.

Об'єкти підвищеної небезпеки, що належать одному суб'єкту господарювання, але за територіальною ознакою мають різні адреси місцезнаходження, вважаються різними об'єктами підвищеної небезпеки [8].

Ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки — це процедура, за результатами виконання якої відповідний об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки певного класу.

Суб'єкт господарювання ідентифікує об'єкти підвищеної небезпеки відповідно до кількості порогових мас небезпечних речовин.

Нормативи порогових мас небезпечних речовин або їх сумішей, порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та їх обліку затверджуються Кабінетом Міністрів України.

За результатами ідентифікації об'єкта підвищеної небезпеки йому встановлюється 1, 2 або 3 клас.

Ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки здійснюється у три етапи.

На першому етапі складається перелік небезпечних речовин за індивідуальними назвами, класами небезпечних речовин та категоріями небезпеки, що розміщені або можуть розміщуватися у виробничих одиницях на об'єкті згідно з проєктною та технічною документацією.

На другому етапі складається перелік виробничих одиниць, які містять небезпечні речовини.

На третьому етапі визначається маса небезпечної речовини в кожній окремій виробничій одиниці та проводиться розрахунок загальної маси небезпечних речовин окремо для кожної індивідуальної назви небезпечної речовини.

Інформація, визначена на кожному з трьох етапів ідентифікації, вноситься до Державного електронного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки (інформаційно-комунікаційної системи, що створюється відповідно до вимог Закону України «Про публічні електронні реєстри», держателем якої є ДСНС) [9].

Повідомлення за встановленою формою надсилається до ДСНС або її територіального органу за місцезнаходженням об'єкта з метою перевірки повноти наведеної інформації та прийняття рішення про віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної небезпеки відповідного класу.

ДСНС або її територіальний орган протягом 20 робочих днів після отримання від суб'єкта господарювання повідомлення про результати ідентифікації приймає рішення про віднесення (невіднесення) об'єкта до об'єкта підвищеної небезпеки відповідного класу або виключення його з Реєстру, про що інформує суб'єкта господарювання, відповідну місцеву

держадміністрацію, орган місцевого самоврядування та органи державного нагляду (контролю), що здійснюють державний нагляд (контроль) у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки.

Згідно статті 11 Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» для організації реагування на аварії на об'єктах підвищеної небезпеки юридична особа або фізична особа – підприємець, яка експлуатує хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки розробляє і затверджує плани локалізації і ліквідації аварій (ПЛЛА) та їх наслідків для кожного об'єкта підвищеної небезпеки, який він експлуатує [9].

ПЛЛА потрібен насамперед для узгодження взаємних дій персоналу підприємства, спецпідрозділів, населення, центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування щодо локалізації і ліквідації аварій та пом'якшення їх наслідків. При розробці ПЛЛА мають враховуватися всі рівні розвитку аварії, виявлені внаслідок аналізу можливих небезпек, а також охоплені різні стани певного підприємства, такі, як пуск, робота, зупинка і ремонт.

При розробці планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків слід також керуватись Порядком розроблення планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 09.08 2017 № 626 [10].

6.2. Державний нагляд (контроль) у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки

Державний нагляд та контроль у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки, здійснюють уповноважені законами органи влади, в тому числі центральні органи виконавчої влади та їх територіальні органи (у разі утворення), до відання яких відповідно до закону віднесені питання:

- охорони праці;

- забезпечення екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища;
- державного нагляду (контролю) у сферах пожежної і техногенної безпеки;
- санітарно-епідемічної безпеки;
- містобудування [11].

Як відомо, органи державного нагляду (контролю) здійснюють державний нагляд (контроль) у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки, шляхом проведення планових і позапланових перевірок відповідно до Закону України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» [11].

Державне регулювання і контроль у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки з питань охорони праці, здійснює Державна служба України з питань праці (Держпраці).

Згідно Положення «Про затвердження Положення про Державну службу України з питань праці», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №96 від 15 лютого 2015 року, Держпраці відповідно до покладених на неї завдань:

- здійснює державний нагляд (контроль) за додержанням законодавства у сфері охорони праці, зокрема в частині безпечного ведення робіт, гігієни праці, промислової безпеки, безпеки робіт у сфері поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, у тому числі з питань монтажу, ремонту, реконструкції, налагодження і безпечної експлуатації машин, механізмів, устаткування, транспортних та інших засобів виробництва і машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;
- організовує проведення випробування устаткування та матеріалів, технічного огляду машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;
- організовує проведення експертної оцінки стану охорони праці та безпеки промислового виробництва суб'єкта господарювання, об'єктів

підвищеної небезпеки, а також експертного обстеження (технічного діагностування) устаткування машин, механізмів підвищеної небезпеки;

- видає у передбачених законодавством випадках дозволи на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, контролює дотримання умов дії таких дозволів;

- здійснює у передбачених законодавством випадках реєстрацію у прийнятті в експлуатацію об'єктів промислового та виробничого призначення, об'єктів, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;

- бере участь в атестації фахівців, які мають право проводити технічний огляд та/або експертне обстеження машин, механізмів та устаткування підвищеної небезпеки;

- формує державне замовлення на науково-дослідні роботи з питань охорони праці, гігієни праці, промислової безпеки, безпечного ведення робіт, здійснення державного гірничого нагляду, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, об'єктами підвищеної небезпеки, контролює виконання державного замовлення [12].

Держпраці для виконання покладених на неї завдань має право безперешкодно проводити відповідно до вимог закону без попереднього повідомлення в будь-яку робочу годину доби перевірки виробничих, службових, адміністративних приміщень та об'єктів виробництва фізичних та юридичних осіб, які використовують найману працю та працю фізичних осіб, експлуатують машини, механізми, устаткування підвищеної небезпеки, та у разі виявлення фіксувати факти порушення законодавства, здійснення нагляду та контролю за додержанням якого віднесено до її повноважень [12].

Державний нагляд та контроль за забезпеченням екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища здійснює Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля), а також Державна екологічна інспекція (Держекоінспекція), що є його складовою частиною.

Серед основних завдань Міндовкілля є забезпечення формування державної політики у сфері державного нагляду (контролю) за додержанням вимог законодавства про раціональне використання, відтворення і охорону природних ресурсів, використання та охорону земель, екологічну та радіаційну безпеку, оцінку впливу на довкілля, охорону і використання територій та об'єктів природно-заповідного фонду, збереження, відтворення та невиснажливе використання біологічного і ландшафтного різноманіття, формування, збереження та використання екологічної мережі, охорону атмосферного повітря, моніторинг, звітність та верифікацію викидів парникових газів, регулювання озоноруйнівних речовин та фторованих парникових газів, а також з питань управління відходами (крім поводження з радіоактивними відходами), забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією, пестицидами та агрохімікатами, дотримання вимог біологічної і генетичної безпеки щодо біологічних об'єктів природного середовища під час створення, дослідження та практичного використання генетично модифікованих організмів у відкритій системі [13].

Крім того, згідно постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Державну екологічну інспекцію України» [14], Держекоінспекція здійснює у межах своїх повноважень, державний нагляд (контроль) за додержанням вимог законодавства, зокрема, щодо охорони земель, надр; екологічної та радіаційної безпеки; охорони і використання територій та об'єктів природно-заповідного фонду; охорони, захисту, використання і відтворення лісів; збереження, відтворення і невиснажливого використання біологічного та ландшафтного різноманіття; раціонального використання, відтворення і охорони об'єктів тваринного та рослинного світу; ведення мисливського господарства та здійснення полювання; охорони, раціонального використання та відтворення вод і відтворення водних ресурсів; охорони атмосферного повітря; формування, збереження і використання екологічної мережі; стану навколишнього природного середовища; поводження з відходами, небезпечними хімічними речовинами, пестицидами

та агрохімікатами; здійснення заходів біологічної і генетичної безпеки стосовно біологічних об'єктів природного середовища під час створення, дослідження та практичного використання генетично модифікованих організмів у відкритій системі; забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією [15]; проведення огляду (обстеження) місць заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії Російської Федерації [16].

Згідно Кодексу цивільного захисту України, державний нагляд (контроль) у сфері пожежної та техногенної безпеки – це діяльність центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спрямована на виявлення та запобігання порушенням вимог законодавства у сфері пожежної та техногенної безпеки [17]. Цим центральним органом виконавчої влади є Державна служба з надзвичайних ситуацій (ДСНС), діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра внутрішніх справ і який реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, а також гідрометеорологічної діяльності [18].

Крім того, ДСНС реалізує державну політику з питань радіаційного і хімічного захисту населення, координує та контролює здійснення заходів щодо захисту населення і територій у разі виникнення радіаційних аварій та надзвичайних ситуацій, пов'язаних із виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин [18].

Згідно постанови Кабінету Міністрів України «Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади» №442 від 10 вересня 2014 року, було утворено Державну службу України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, реорганізувавши шляхом перетворення Державну ветеринарну та фітосанітарну службу і приєднавши до Служби, що

утворюється, Державну інспекцію з питань захисту прав споживачів і Державну санітарно-епідеміологічну службу та поклавши на Службу, що утворюється, функції з реалізації державної політики, які виконували органи, що припиняються [19]. Функції з реалізації державної політики у сфері гігієни праці та функції із здійснення дозиметричного контролю робочих місць і доз опромінення працівників покладено на Державну службу з питань праці, а функції з реалізації державної політики у сфері епідеміологічного нагляду (спостереження) – на Міністерство охорони здоров'я [19].

Крім того, центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, надає домедичну допомогу постраждалим у зоні надзвичайної ситуації, а також бере участь у межах повноважень у заходах з надання медичної допомоги при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що супроводжуються травматизмом, захворюванням, загибеллю людей, погіршенням санітарно-епідеміологічної ситуації [17].

Державне регулювання і контроль у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки з питань містобудування, здійснює Державна інспекція архітектури та містобудування України (ДІАМ). Згідно постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування органів архітектурно-будівельного контролю та нагляду» №1340 від 23.12.2020 р., серед основних завдань ДІАМ є здійснення державного архітектурно-будівельного нагляду за дотриманням вимог законодавства у сфері містобудівної діяльності, будівельних норм, стандартів і правил уповноваженими органами містобудування та архітектури, структурними підрозділами Київської та Севастопольської міських держадміністрацій та виконавчими органами сільських, селищних, міських рад з питань державного архітектурно-будівельного контролю, іншими органами, що здійснюють контроль у сфері містобудівної діяльності під час провадження ними містобудівної діяльності [20].

Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій є постійно діючим органом, який забезпечує

координацію діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади, пов'язаної із забезпеченням техногенно-екологічної безпеки, захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій, організаційних заходів протидії терористичній діяльності та воєнній загрозі, запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і реагування на них [21].

Основними завданнями Державної комісії є:

1) координація діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади, пов'язаної із:

функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту;

здійсненням оповіщення органів управління та сил цивільного захисту, а також населення про виникнення надзвичайної ситуації та інформування його про дії в умовах такої ситуації;

залученням сил цивільного захисту до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, проведення гуманітарних операцій за межами України;

забезпеченням реалізації вимог техногенної та пожежної безпеки;

навчанням населення діям у надзвичайній ситуації;

визначенням меж зони надзвичайної ситуації;

здійсненням постійного прогнозування зони можливого поширення надзвичайної ситуації та масштабів можливих наслідків;

організацією робіт із локалізації і ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, залучення для цього необхідних сил і засобів;

організацією та здійсненням заходів щодо життєзабезпечення постраждалого населення;

організацією та здійсненням у разі потреби заходів з евакуації;

організацією і здійсненням радіаційного, хімічного, біологічного, інженерного та медичного захисту населення і територій від наслідків надзвичайної ситуації;

вжиттям заходів щодо забезпечення готовності єдиної державної системи цивільного захисту до дій в умовах надзвичайної ситуації та в особливий період;

здійсненням безперервного контролю за розвитком надзвичайної ситуації та обстановкою на аварійних об'єктах і прилеглих до них територіях;

інформуванням органів управління цивільного захисту та населення про розвиток надзвичайної ситуації та заходи, що здійснюються;

забезпеченням живучості об'єктів національної економіки та державного управління під час реагування на надзвичайну ситуацію;

забезпеченням стабільного функціонування паливно-енергетичного комплексу під час виникнення надзвичайної ситуації, злагодженої роботи підприємств, установ та організацій для забезпечення сталої і безперебійної роботи Єдиної газотранспортної та об'єднаної енергетичної систем України;

забезпеченням безпеки та сталої роботи транспортної інфраструктури, послуг поштового зв'язку та всіх видів електричного зв'язку;

здійсненням заходів щодо охорони здоров'я та санітарно-епідемічного благополуччя населення;

організацією та керівництвом за проведенням робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій державного і регіонального рівня, у тому числі з транскордонним впливом;

встановленням кількісних та якісних показників виведення з ладу транспортних засобів, промислових, громадських і житлових будинків та споруд, комунальних і енергетичних мереж, засобів зв'язку, магістральних газо-, нафто- або інших трубопроводів, залізничних вузлів, портів, мостів, шляхопроводів тощо [21].

Прем'єр-міністр України є головою Державної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій.

Регіональні та місцеві комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій є постійно діючими органами, які утворюються Радою міністрів Автономної Республіки Крим, обласною, Київською та

Севастопольською міською держадміністрацією райдержадміністрацією, виконавчим органом міської, районної в місті (у разі їх створення), селищної та сільської ради для координації діяльності райдержадміністрацій, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ та організацій, пов'язаних із забезпеченням техногенно-екологічної безпеки, захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій, запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і реагування на них [22].

6.3. Законодавча та нормативно-правова база забезпечення екологічної безпеки для попередження надзвичайних ситуацій

У резолюції «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року», яка була прийнята у вересні 2015 року в рамках 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку, ухвалено 17 Цілей Сталого Розвитку (ЦСР).

Зокрема, ЦСР 6 передбачає, що до 2030 року буде забезпечено загальний і рівноправний доступ до безпечної питної води для всього населення планети. Крім того, до вказаного терміну планується підвищити якість води шляхом зменшення забруднення, ліквідації скидання відходів та ефективнішого очищення стічних вод.

У цілі 12 «Відповідальне споживання та виробництво» зазначено, що досягнення економічного зростання та сталого розвитку вимагає від людства термінового зменшення нашого екологічного сліду, змінивши спосіб виробництва та споживання товарів і ресурсів. Сільське господарство є найбільшим споживачем води у світі, а зрошення зараз споживає майже 70 відсотків усієї прісної води для використання людиною.

Крім того, лише в Україні вже накопичилося понад 30 млрд тонн сміття, яке ніхто не поспішає переробляти чи утилізувати. До 2030 року планується скоротити вдвічі в перерахунку на 1 особу загальносвітовий обсяг харчових відходів, а також сприяти утилізації, вторинній переробці сміття і запобігати

його утворенню взагалі. До цієї цілі також належить вимога ООН щодо екологічно раціонального та максимально обережного використання хімічних речовин [24].

Згідно ЦСР 13 викиди парникових газів зараз стали на понад 50 відсотків вищі, ніж у 1990 році. Глобальне потепління спричиняє довготривалі зміни в нашій кліматичній системі, що загрожує незворотними наслідками, якщо ми не вживемо заходів. Як відомо, ООН взяла на себе зобов'язання допомагати найменш розвиненим країнам у розробці механізмів пом'якшення гостроти та послаблення наслідків змін клімату [24].

ЦСР 14 спрямована на стале управління та захист морських і прибережних екосистем від забруднення, а також на усунення наслідків підкислення океану. Посилення збереження та сталого використання океанічних ресурсів за допомогою міжнародного права також допоможе пом'якшити деякі проблеми, з якими стикаються наші океани.

Крім того, людство повинно забезпечити збереження, відновлення та раціональне використання наземних і внутрішніх прісноводних екосистем. Це передбачено ЦСР 15, яка стосується також боротьби із знелісненням, опустелюванням та деградацією ґрунтів [23].

У вересні 2019 року з метою забезпечення національних інтересів України щодо сталого розвитку було видано Указ Президента України № 722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [25].

Згідно закону України «Про правовий режим надзвичайного стану», надзвичайний стан може бути введений в разі виникнення особливо тяжких надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру (стихійного лиха, катастроф, особливо великих пожеж, застосування засобів ураження, пандемій, панзоотій тощо), що створюють загрозу життю і здоров'ю значних верств населення та в інших випадках [26].

Якщо на окремій місцевості сталися негативні зміни в навколишньому природному середовищі, що потребують застосування надзвичайних заходів з боку держави, то має місце надзвичайна екологічна ситуація [27].

Підставами для оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації є:

- значне перевищення гранично допустимих норм показників якості навколишнього природного середовища, визначених законодавством;
- виникнення реальної загрози життю та здоров'ю великої кількості людей або заподіяння значної матеріальної шкоди юридичним, фізичним особам чи навколишньому природному середовищу внаслідок надмірного забруднення навколишнього природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи чи інших факторів;
- негативні зміни, що сталися в навколишньому природному середовищі на значній території і які неможливо усунути без застосування надзвичайних заходів з боку держави;
- негативні зміни, що сталися в навколишньому природному середовищі, які суттєво обмежують або виключають можливість проживання населення і провадження господарської діяльності на відповідній території;
- значне збільшення рівня захворюваності населення внаслідок негативних змін у навколишньому природному середовищі [28].

Закон України «Про управління відходами» регулює відносини, пов'язані із запобіганням утворенню та з управлінням відходами, що утворюються в Україні, а також з управлінням відходами, що перевозяться через територію України, вивозяться за її межі та ввозяться в Україну з метою відновлення, у тому числі рециклінгу [29].

Закон спрямований на зменшення кількості відходів, що утворюються, шляхом впровадження системи управління відходами, яка включає запобігання, повторне використання, рециклінг та утилізацію. Він встановлює вимоги до поводження з відходами, включаючи їх збирання, транспортування, зберігання, обробку та видалення.

Закон передбачає обов'язкове роздільне збирання відходів, щоб забезпечити їх подальшу обробку та утилізацію.

Закон визначає відповідальність виробників відходів, власників відходів та інших суб'єктів господарювання за дотримання вимог законодавства щодо поводження з відходами.

Закон передбачає створення системи державного управління у сфері поводження з відходами, включаючи розробку регіональних планів управління відходами.

Закон «Про управління відходами» є комплексним документом, який регулює різні аспекти поводження з відходами, включаючи побутові, промислові та небезпечні відходи.

Закон також враховує особливості поводження з відходами, що утворилися внаслідок бойових дій.

Дотримання вимог Закону є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання та громадян [29].

Крім того, порядок виявлення та облік відходів, що не мають власника або власник яких невідомий, регламентує «Порядок виявлення та обліку безхазяйних відходів», затверджений постановою Кабінету Міністрів України №1217 від 3 серпня 1998 року [30].

Загальні вимоги до поводження з медичними відходами в закладах охорони здоров'я та фізичними особами-підприємцями, які зареєстровані в установленому законом порядку та одержали ліцензію на провадження господарської діяльності з медичної практики, що забезпечують медичне обслуговування населення відповідної території; громадськими об'єднаннями і благодійними організаціями, що здійснюють діяльність у сфері протидії поширенню ВІЛ-інфекції, в закладах громадського здоров'я з метою попередження їхнього негативного впливу на життя, здоров'я населення та довкілля і визначають порядок сортування, збирання, оброблення, зберігання, знешкодження, перевезення, видалення і захоронення медичних відходів, регламентує Наказ Міністерства охорони здоров'я №1602 від 6 вересня 2022 року [31].

Основні умови, що висуваються до операторів стаціонарних установок із спалювання відходів або установок із сумісного спалювання відходів під час їх експлуатації, для запобігання негативному впливу таких установок на здоров'я людей та навколишнє природне середовище зазначені у Технічних вимогах до експлуатації установок із спалювання відходів та установок із сумісного спалювання відходів, що затверджені постановою Кабінету Міністрів України №229 від 1 березня 2024 року [32].

Механізм надання суб'єктами господарювання, незалежно від форми їх власності, послуг з вивезення побутових відходів у містах, селищах і селах регламентується Правилами надання послуг з вивезення побутових відходів, які затверджені постановою Кабінету Міністрів України №1070 від 10 грудня 2008 року [33].

Вимоги ДСТУ 4462.3.01:2006 «Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операцій» поширюються на всі етапи поведження з відходами, починаючи з моменту їх утворення, охоплюючи операції збирання, заготівлі, обробляння, переробляння, транспортування, утилізування, розміщування (зокрема зберігання), знешкоджування та видалення (зокрема захоронення) та контролювання за цими операціями і нагляд за місцями видалення [34].

Правила компостування біовідходів їх утворювачами на присадибних, дачних і садових ділянках регламентуються Наказом Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України №489 від 13 червня 2023 року [35].

Після підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, в нашій країні впроваджуються європейські стандарти, в т.ч. щодо управління водними ресурсами. Зокрема, відбулася імплементація положень Водної рамкової директиви Європейського Союзу у Водний кодекс України та низку законодавчих та нормативно-правових актів.

На даний час охорона водних ресурсів в Україні регламентується низкою законів та інших нормативно-правових актів, серед яких Водний кодекс

України, закони «Про меліорацію земель», «Про питну воду та питне водопостачання», «Про охорону навколишнього природного середовища» та ін.

В умовах нарощування антропогенних навантажень на природне середовище, розвитку суспільного виробництва і зростання матеріальних потреб виникає необхідність розробки і додержання особливих правил користування водними ресурсами, раціонального їх використання та екологічно спрямованого захисту.

Водний кодекс, в комплексі з заходами організаційного, правового, економічного і виховного впливу, сприятиме формуванню водно-екологічного правопорядку і забезпеченню екологічної безпеки населення України, а також більш ефективному, науково обгрунтованому використанню вод та їх охороні від забруднення, засмічення та вичерпання [36].

На законодавчому рівні забезпечення громадян якісною питною водою, розвиток та реконструкція систем централізованого водопостачання та централізованого водовідведення населених пунктів України передбачені у Загальнодержавній цільовій соціальній програмі «Питна вода України» на 2022-2026 роки. Також Кабінетом Міністрів України у грудні 2022 року було прийнято «Водну стратегію України на період до 2050 року», яка спрямована на підвищення рівня водної безпеки та скорочення до прийняттого рівня ризиків з управління водними ресурсами на засадах сталого інтегрованого управління водними ресурсами [37].

Крім того, гарантоване забезпечення населення якісною та безпечною для здоров'я людини питною водою передбачено у Законі України «Про питну воду та питне водопостачання».

Органи місцевого самоврядування спільно з підприємствами питного водопостачання розробляють та затверджують спеціальні заходи на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, що призводять до припинення централізованого водопостачання, які повинні забезпечувати:

використання резервних джерел і систем питного водопостачання;

застосування індивідуальних і групових засобів очищення і знезараження питної води;

поставку фасованої питної води та води в ємностях для індивідуального і групового користування [38].

Вимоги до якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення встановлені у «Гігієнічних нормативах якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення», які затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 року [39].

Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, затверджена наказом Міністерства охорони навколишнього середовища України №389 від 20 липня 2009 року, встановлює порядок визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, у разі:

забруднення водних об'єктів, у тому числі пов'язаного із наднормативними скидами у водний об'єкт забруднюючих речовин та фізико-хімічних показників із зворотними водами або забруднюючих речовин у чистому вигляді, у складі продукції чи сировини, засмічення сторонніми предметами, матеріалами, відходами та/або іншими речовинами, крім випадків забруднення та/або засмічення територіальних і внутрішніх морських вод та виключної морської економічної зони України із суден, кораблів та інших плавучих засобів;

забруднення поверхневих та підземних вод під впливом полігонів (сміттєзвалищ) твердих побутових та промислових відходів;

самовільного використання водних ресурсів за відсутності дозволу на спеціальне водокористування або у разі перевищення встановлених у дозволі на спеціальне водокористування лімітів;

забору, використання води та скиду забруднюючих речовин із зворотними водами у разі перевищення лімітів забору води, лімітів використання води, лімітів скидання забруднюючих речовин та нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин, встановлених у дозволі на спеціальне водокористування [40].

Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами встановлює порядок визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами внаслідок збройної агресії Російської Федерації [41].

Надзвичайно актуальним в сучасних умовах є стан та моніторинг забруднення ґрунтів. В Україні це питання регламентується низкою законодавчих та нормативно-правових актів.

Зокрема, земельний кодекс України стверджує, що земельне законодавство базується на таких принципах:

- а) поєднання особливостей використання землі як територіального базису, природного ресурсу і основного засобу виробництва;
- б) забезпечення рівності права власності на землю громадян, юридичних осіб, територіальних громад та держави;
- в) невтручання держави в здійснення громадянами, юридичними особами та територіальними громадами своїх прав щодо володіння, користування і розпорядження землею, крім випадків, передбачених законом;
- г) забезпечення раціонального використання та охорони земель;
- г) забезпечення гарантій прав на землю;
- д) пріоритету вимог екологічної безпеки [42].

Крім того, Закон України «Про охорону земель» визначає правові, економічні та соціальні основи охорони земель з метою забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, інших корисних властивостей землі, збереження екологічних функцій ґрунтового покриву та охорони довкілля.

Згідно цього закону, земельні ділянки, забруднені хімічними речовинами внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану, підлягають консервації [43].

Порядок розрахунку розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам державами, органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання та фізичними особами через забруднення ґрунтів, засмічення земель, допущених унаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану внаслідок їх дій або бездіяльності на усіх землях України незалежно від їх категорій та форм власності зазначено у наказі Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану» №167 від 04 квітня 2022 року [44].

Порядок розрахунку розмірів відшкодування шкоди органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання та фізичними особами, через забруднення земель хімічними речовинами, їх засмічення промисловими, побутовими та іншими відходами, допущеного внаслідок дії чи бездіяльності і поширюється на всі землі України незалежно від їх категорії та форм власності регламентується наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України «Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства» №171 від 27 жовтня 1997 року [45].

Закон України «Про пестициди і агрохімікати» регулює правові відносини, пов'язані з державною реєстрацією, виробництвом, закупівлею, транспортуванням, зберіганням, торгівлею та безпечним для здоров'я людини і навколишнього природного середовища застосуванням пестицидів і агрохімікатів, визначає права і обов'язки підприємств, установ, організацій та фізичних осіб, а також повноваження органів виконавчої влади і посадових осіб у цій сфері [46].

Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті встановлено Державними санітарними правилами та нормами ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 [47].

Моніторинг довкілля в Україні здійснюється у відповідності до Положення про державну систему моніторингу довкілля, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №391 від 30 березня 1998 року [48].

Моніторинг довкілля у частині державного моніторингу стану поверхневих, підземних та морських вод здійснюється згідно з Порядком здійснення державного моніторингу вод, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України №758 від 19 вересня 2018 року [49].

Моніторинг довкілля у частині державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря здійснюється згідно з Порядком здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України №827 від 14 серпня 2019 року [50].

Закон України «Про охорону атмосферного повітря» спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище.

Суб'єкти господарювання, які здійснюють викиди забруднюючих речовин або впливи фізичних та біологічних факторів, що можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру або до надзвичайних екологічних ситуацій, зобов'язані заздалегідь розробити та погодити спеціальні заходи щодо охорони атмосферного повітря згідно статті 15 цього Закону [51].

Крім того, охорона атмосферного повітря регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» [27].

Закон України «Про автомобільний транспорт» спрямовує державне регулювання та контроль у сфері автомобільного транспорту на охорону

довкілля від шкідливого впливу автомобільного транспорту, проведення науково-технічної роботи, досліджень та розвиток системи статистики [52].

Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» передбачає запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінки ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах [53].

Порядок розроблення та затвердження нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря, затверджений постановою Кабінету Міністрів України №299 від 13 березня 2002 року, встановлює механізм розроблення та затвердження науково обґрунтованих нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря з метою уникнення, зменшення чи запобігання негативним наслідкам забруднення атмосферного повітря [54].

Механізм розроблення і затвердження нормативів гранично-допустимого рівня впливу фізичних та біологічних факторів, який здійснюється на стан атмосферного повітря, регламентується постановою Кабінету Міністрів України №300 від 13 березня 2002 року. Нормативи встановлюються для кожного стаціонарного джерела забруднення з урахуванням рівня, за умови додержання якого фізичний та біологічний вплив усіх стаціонарних джерел забруднення у тому чи іншому районі, враховуючи перспективи його розвитку, у визначений термін не перевищуватиме нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря [55].

Право на викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря виникає після отримання відповідними юридичними і фізичними особами дозволу на викид у порядку розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел визначеному, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 1780 від 28 грудня 2001 року [56].

Розрахунок маси неорганізованих викидів забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення

надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, та визначення розмірів шкоди завданої такими викидами, встановлює «Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди», яка затверджена постановою Кабінету Міністрів України №175 від 13 квітня 2022 року [57].

6.4. Міжнародне нормативно-правове регулювання попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру

Міжнародне законодавство щодо попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру охоплює низку конвенцій, угод і нормативних актів, які прийняті під егідою ООН, ВООЗ, МАГАТЕ, ЄС, а також регіональних організацій.

Зокрема, Конвенція ООН про трансграничний вплив промислових аварій, яка була прийнята у Хельсінкі у 1992 році з поправками 2015 року, була ратифікована Україною у 2022 році та спрямована на попередження, зменшення та контроль серйозних аварій, які можуть мати транскордонний вплив. Також цей документ встановлює обов'язки держав щодо оцінки ризиків виникнення промислових аварій, інформування населення та співпраці [58].

Міжнародні правила охорони здоров'я (2005 р.) (МПЗП) забезпечують міжнародно-правову основу для запобігання міжнародному поширенню захворювань та реагування на нього. МПЗП є документом міжнародного права, прийнятим відповідно до статті 21 Статуту ВООЗ, і є юридично обов'язковими для 196 держав-учасниць, включаючи всі 194 держави-члени ВООЗ. Вони спрямовані на запобігання міжнародному поширенню хвороб, зокрема у випадку біологічних загроз, а також зобов'язують держави розвивати національні системи реагування на спалахи інфекційних хвороб.

Зокрема, ВООЗ регулярно проводить оцінки ризиків для надзвичайних ситуацій певного ступеня відповідно до структури реагування ВООЗ на надзвичайні ситуації. З січня 2020 року ВООЗ проводить глобальні оцінки ризиків COVID-19 кожні три місяці. Після скасування надзвичайної ситуації в галузі охорони здоров'я, що має міжнародне значення, ВООЗ перейшла до проведення оцінок ризиків COVID-19 кожні шість місяців [59].

Конвенція про заборону біологічної та токсинної зброї (КБТЗ), заснована в 1972 році, є ключовим міжнародним договором, спрямованим на заборону розробки, виробництва та накопичення біологічної та токсинної зброї. Після широкомасштабних руйнувань, спричинених хімічною війною під час Першої світової війни, договір виник у контексті зростаючого усвідомлення необхідності міжнародного регулювання такої зброї. Хоча конвенція закликала до знищення існуючої біологічної зброї, починаючи з 1975 року, її виконання було оскаржено через подвійний характер біологічних досліджень, коли матеріали, призначені для мирних цілей, також можуть бути використані для розробки зброї [60]. Даний документ має важливе значення для попередження медико-біологічних НС штучного походження.

Конвенція про оперативне сповіщення про ядерну аварію, прийнята Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ) в 1986 році, зобов'язує держави-учасниці повідомляти про будь-які ядерні аварії, що можуть мати транскордонний вплив, інші держави та МАГАТЕ. Це стало відповіддю на Чорнобильську катастрофу, з метою забезпечення своєчасного обміну інформацією та координації дій у випадку ядерних аварій, які можуть вплинути на інші країни.

Конвенція про допомогу у разі ядерної аварії чи радіаційної аварійної ситуації, яка була прийнята МАГАТЕ у 1986 році, забезпечує механізм надання міжнародної технічної допомоги при аваріях.

Україна ратифікувала Конвенцію про оперативне оповіщення про ядерну аварію і Конвенцію про допомогу в разі ядерної аварії чи радіаційної аварійної ситуації 30 грудня 1986 року [61].

Сендайська рамкова програма зі зниження ризику лих, яка була прийнята у 2015 році в Сендаї, Японія, на Третій Всесвітній конференції ООН зі зменшення ризиків стихійних лих, визначає чотири пріоритетні напрямки та сім глобальних цілей, спрямованих на зменшення ризиків, пов'язаних з катастрофами. Термін її дії розрахований на 15 років.

Її основна мета – зменшити ризики стихійних лих та їх вплив на життя, засоби існування, здоров'я, економіку, інфраструктуру та довкілля. Вона орієнтована на людину, з урахуванням конкретних потреб різних груп населення.

Глобальні цілі Сендайської рамкової програми зі зниження ризику лих:

- зменшення смертності від стихійних лих;
- зменшення кількості постраждалих;
- зменшення економічних збитків.
- з меншення шкоди для інфраструктури та основних послуг.
- збільшення кількості країн з національними та місцевими стратегіями зменшення ризику лих;
- посилення міжнародного співробітництва з країнами, що розвиваються;
- збільшення доступу до систем раннього попередження та надання інформації.

Розпочате 24 лютого 2022 року повномасштабне вторгнення російської федерації на територію України ще гостріше актуалізувало питання про застосування принципів Сендайської рамкової програми у післявоєнному відновленні країни. Сендайська рамкова програма є важливим міжнародним інструментом для зниження ризиків лих та побудови більш стійких до них суспільств [62].

Глобальна програма ВООЗ з готовності та реагування на надзвичайні події (Health Emergency Preparedness and Response, HEPR) визначає механізми реагування на пандемії, біозагрози, отруєння, інші НС. Вона передбачає інтегровані національні інвестиційні плани та пропозиції держав-учасниць,

зокрема, визначення команди та ширшого процесу національного планування, визначення стратегічних пріоритетів, розробку планів дій з пріоритетами, калькуляцію вартості пріоритетних дій, картування ресурсів співфінансування та спільного інвестування в рамках пропозицій щодо фінансування, розробку пропозицій щодо фінансування, визначення ролей та обов'язків, а також структуру моніторингу, оцінки та впровадження пропозиції щодо Фонду пандемії [63].

Директива 2012/18/ЄС Європейського Парламенту й Ради від 4 липня 2012 р. «Про контроль значних аварій, пов'язаних із небезпечними речовинами» (Директива – Севезо III) встановлює правила для попередження значних аварій у зв'язку з використанням небезпечних речовин та обмеження їх наслідків для довкілля і здоров'я людини з метою забезпечення високого рівня захисту на всій території Союзу в послідовний і дієвий спосіб [64].

Вона визначає критерії для ідентифікації об'єктів, які вважаються об'єктами підвищеної небезпеки через наявність великої кількості небезпечних речовин.

Директива накладає на операторів об'єктів підвищеної небезпеки певні зобов'язання, зокрема, щодо розробки політики запобігання аваріям, повідомлення про аварії, створення планів захисту населення та інформування громадськості.

Вона передбачає обов'язок операторів інформувати громадськість про ризики, пов'язані з діяльністю об'єкта, та про заходи, вжиті для їх запобігання. Директива також стосується транспортування небезпечних речовин та встановлює вимоги щодо безпеки під час перевезення.

Метою Директиви Севезо III є забезпечення високого рівня захисту здоров'я людей та навколишнього середовища від ризиків, пов'язаних з небезпечними речовинами. Цей документ є європейським аналогом Хельсінської конвенції.

У жовтні 2001 року Європейська Комісія створила Механізм цивільного захисту ЄС. Механізм має на меті зміцнити співпрацю у сфері цивільного

захисту між країнами ЄС та 10 іншими державами-учасницями з метою покращення запобігання стихійним лихам, готовності до них та реагування на них.

Будь-яка країна, яка постраждала від стихійного лиха, в Європі та за її межами, може звернутися за екстреною допомогою через Механізм. Комісія відіграє ключову роль у координації реагування на стихійне лихо та внеску в покриття транспортних та/або операційних витрат на розгортання сил.

Стихійні лиха не знають кордонів і можуть несподівано вразити одну або кілька країн одночасно. Комісія сприяє добре скоординованому спільному реагуванню, дозволяючи владі постраждалої країни спілкуватися через єдину контактну точку, а не через кілька каналів.

Такий спільний підхід також допомагає об'єднати досвід та можливості служб швидкого реагування, запобігає дублюванню зусиль з надання допомоги та забезпечує ефективне задоволення потреб постраждалих.

Об'єднання ресурсів, інструментів, знань та навичок цивільного захисту зміцнює та забезпечує більш узгоджене реагування через кордони. Окрім країн ЄС, у Механізмі цивільного захисту ЄС беруть участь ще 10 держав: Албанія, Боснія і Герцеговина, Ісландія, Молдова, Чорногорія, Північна Македонія, Норвегія, Сербія, Туреччина та Україна.

У 2024 році Механізм було задіяно 58 разів для реагування, серед іншого, на війну в Україні та конфлікт на Близькому Сході; повені у Франції та ін. [65].

Крім того, в Україні імплементований ряд міжнародних стандартів. Зокрема, ДСТУ ISO 22325:2017 Безпека та стійкість до надзвичайних ситуацій. Управління у надзвичайних ситуаціях. Методичні рекомендації щодо оцінювання готовності (ISO 22325:2016, IDT), які гармонізовані з міжнародними нормативними документами [66].

Також ISO 31000 – міжнародний стандарт управління ризиками, розроблений Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO). Він надає принципи та керівні вказівки для ефективного управління ризиками в будь-

якій організації, незалежно від її розміру чи галузі. В Україні ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT) прийнято як національний стандарт [67].

Стандарти Codex Alimentarius частково імплементовано в Україні. Україна є членом Комісії Codex Alimentarius, і багато її стандартів враховуються при розробці національного законодавства та стандартів у сфері харчової безпеки та якості. Україна бере участь у роботі Комісії Codex Alimentarius, що сприяє гармонізації міжнародних та національних вимог до харчових продуктів [68].

Глобальне партнерство було сформовано у 2002 році для вирішення «питань нерозповсюдження, роззброєння, боротьби з тероризмом та ядерної безпеки» після терористичних атак 11 вересня 2001 року. Глобальне партнерство не обмежується країнами G7 (Росія була виключена у 2014 році) і тепер складається з 29 держав [69].

Делегація України взяла участь у засіданні робочої групи в рамках ініціативи Групи Семи «Глобальне партнерство проти розповсюдження зброї і матеріалів масового знищення» 9-10 березня 2023 року, м. Токіо, Японія.

Таким чином, законодавство України з питань цивільного захисту, екологічної безпеки та критичної інфраструктури знаходиться на шляху трансформації, що враховує сучасні виклики, в тому числі, й вплив військової агресії росії на населення та територію нашої країни. В той же час, як сучасна держава, що прагне досягнення Цілей сталого розвитку, Україна враховує міжнародний досвід та імплементує європейські нормативно-правові документи в національне законодавство.

Література до розділу 6.

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
2. Закон України «Про правовий режим воєнного стану». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>
3. Закон України «Про правовий режим надзвичайного стану». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-14#Text>
4. Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/194-14#Text>
5. Закон України «Про оборону України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1932-12#Text>
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення Реєстру об'єктів критичної інфраструктури, включення таких об'єктів до Реєстру, доступу та надання інформації з нього» №415 від 28.04.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/415-2023-%D0%BF#Text>
7. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>
8. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки» № 1030 від 13.09.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-%D0%BF#Text>
9. Лідньов А. План локалізації і ліквідації аварій для об'єктів підвищеної небезпеки. URL: <https://pro-op.com.ua/article/636-plan-lokalzats-lkvdat-avary-dlya-obktv-pdvishcheno-nebezpeki>
10. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розроблення планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту» №626 від 09.08.2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/626-2017-%D0%BF#Text>

11. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text>

12. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Державну службу України з питань праці» №96 від 15.02.2015 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/96-2015-%D0%BF#Text>

13. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів» №614 від 25.06.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/614-2020-%D0%BF#Text>

14. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Державну екологічну інспекцію України» №275 від 19.04.2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/275-2017-%D0%BF#Text>

15. Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до Положення про Державну екологічну інспекцію України» № 256 від 07.03.2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/256-2025-%D0%BF#n11>

16. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування сервісу фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії Російської Федерації “ЕкоЗагроза”» №783 від 28.07.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/783-2023-%D0%BF#n212>

17. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#n944>

18. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій» №1052 від 16.12.2015 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF#Text>

19. Постанова Кабінету Міністрів України «Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади» №442 від 10.09.2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/442-2014-%D0%BF#Text>

20. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування органів архітектурно-будівельного контролю та нагляду» №1340 від 23.12.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1340-2020-%D0%BF#Text>

21. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Державну комісію з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій» №18 від 26.01.2015 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/18-2015-%D0%BF#n108>

22. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Типового положення про регіональну та місцеву комісію з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій» №409 від 17.06.2015 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/409-2015-%D0%BF#Text>

23. Що таке Цілі сталого розвитку? URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>

24. Екологічні Цілі сталого розвитку. URL: <https://ukraine.ureport.in/story/506/>

25. Указ Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825>

26. Закон України «Про правовий режим надзвичайного стану». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-14#Text>

27. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

28. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1908-14#Text>

29. Закон України «Про управління відходами». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n802>

30. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок виявлення та обліку безхазяйних відходів» №1217 від 3.08.1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1217-98-%D0%BF#Text>

31. Наказ Міністерства охорони здоров'я №1602 від 6.09.2022 р. «Про затвердження Змін до Державних санітарно-протиепідемічних правил і норм щодо поводження з медичними відходами». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1387-22#Text>
32. Постанова Кабінету Міністрів України «Технічні вимоги до експлуатації установок із спалювання відходів та установок із сумісного спалювання відходів» №229 від 1.03.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-2024-%D0%BF#Text>
33. Постанова Кабінету Міністрів України «Правилами надання послуг з вивезення побутових відходів» №1070 від 10.12.2008 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/177428417>
34. ДСТУ 4462.3.01:2006 «Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операцій». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51038
35. Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України «Правила компостування біовідходів їх утворювачами на присадибних, дачних і садових ділянках» №489 від 13.06.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1271-23#Text>
36. Водний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
37. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року» №1134-р від 09.12.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
38. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>
39. Наказ Міністерства охорони здоров'я «Про затвердження гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення» №721 від 02.05.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>

40. Наказ Міністерства охорони навколишнього середовища України «Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів» №389 від 20.07.2009 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09#Text>

41. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами» №252 від 21.07.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text>

42. Земельний кодекс України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

43. Закон України «Про охорону земель». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>

44. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану» №167 від 04.04.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>

45. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України «Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства» №171 від 27.10.1997 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98#Text>

46. Закон України «Про пестициди і агрохімікати». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80#Text>

47. Державні санітарні правила та норми ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони,

атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті» від 20.09.2001 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0137588-01#Text>

48. Постанова Кабінету Міністрів України «Положення про державну систему моніторингу довкілля» №391 від 30.03.1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>

49. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок здійснення державного моніторингу вод» №758 від 19.09.2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>

50. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» №827 від 14.08.2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>

51. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>

52. Закон України «Про автомобільний транспорт». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>

53. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>

54. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок розроблення та затвердження нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря» №299 від 13.03.2002 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/299-2002-%D0%BF#Text>

55. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок розроблення і затвердження нормативів граничнодопустимого рівня впливу фізичних та біологічних факторів стаціонарних джерел забруднення на стан атмосферного повітря» №300 від 13.03.2002 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/300-2002-%D0%BF#Text>

56. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» № 1780 від 28.12.2001 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1780-2001-%D0%BF#Text>

57. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди» № 175 від 13.04.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text>
58. Конвенція про транскордонний вплив промислових аварій. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_262#Text
59. International Health Regulations (2005) – Third edition. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241580496>
60. Biological and Toxin Weapons Convention of 1972. URL: <https://www.ebsco.com/research-starters/science/biological-and-toxin-weapons-convention-1972>
61. Про ратифікацію Конвенції про оперативне оповіщення про ядерну аварію і Конвенції про допомогу в разі ядерної аварії чи радіаційної аварійної ситуації. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3339-11#Text>
62. Сендайська рамкова програма зі зменшення ризиків лих та український контекст. URL: <https://recovery-ukraine.org/reports/the-sendai-framework-for-disaster-risk-reduction-and-the-ukrainian-context/>
63. Health Emergency Preparedness, Response and Resilience (HEPR). URL: <https://partnersplatform.who.int/tools/hepr/en/templates#inpp>
64. Директива Європейського парламенту і Ради 2012/18/ЄС від 4 липня 2012 року про контроль загроз виникнення значних аварій, пов'язаних із використанням небезпечних речовин, та про внесення змін і подальше скасування Директиви Ради 96/82/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-12#Text
65. European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations. URL: <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/eu-civil-protection-mechanism>

66. ДСТУ ISO 22325:2017 Безпека та стійкість до надзвичайних ситуацій. Управління у надзвичайних ситуаціях. Методичні рекомендації щодо оцінювання готовності (ISO 22325:2016, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71492

67. ДСТУ ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT) Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80322

68. Codex Alimentarius. International Food Standards. URL: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

69. The Global Partnership Against the Spread of Weapons of Mass Destruction. URL: <https://www.armscontrol.org/specialprojects/nnpn/G7>

Для нотаток

Для нотаток

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.