
Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

УДК 614.8:628.1.033(477.54)

ОЦІНЮВАННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

О. В. Ільїнський

кандидат біологічних наук, доцент
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1737-9462>
Національний університет цивільного захисту України
вул. Онопrienка, 8, м. Черкаси, 18034, Україна

О. В. Бригада

кандидат технічних наук, доцент
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5777-8516>
Національний університет цивільного захисту України
вул. Онопrienка, 8, м. Черкаси, 18034, Україна

А. О. Мацак

кандидат технічних наук
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2856-9437>
Національний університет цивільного захисту України
вул. Онопrienка, 8, м. Черкаси, 18034, Україна

DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2026.1.3>

Отримано: 27 березня 2026

Прийнято: 29 травня 2026

Опубліковано: 30 травня 2026

Цитувати як: Ільїнський О. В., Бригада О. В., Мацак А. О. Оцінювання вмісту важких металів у воді природних джерел питного водопостачання в умовах техногенного навантаження. *Техногенно-екологічна безпека*. 2026. Вип. 19(1/2026). С. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2026.1.3>

Ліцензія відкритого доступу: Creative Commons Attribution 4.0 International License

Анотація. У статті представлено результати комплексного екологічного оцінювання стану природних джерел (каптажів) питного водопостачання міста Харкова в умовах техногенного навантаження та воєнних ризиків. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оцінювання якості альтернативних джерел водопостачання, що можуть використовуватися як резервні у надзвичайних ситуаціях та під час порушень функціонування централізованих систем.

Методологія дослідження базується на експериментальному аналізі проб води та ґрунтів, відібраних у дев'яти репрезентативних точках. Визначення вмісту важких металів (Pb, Zn, Cu) здійснювалося методом атомно-абсорбційної спектроскопії. Додатково проаналізовано санітарно-хімічні показники якості води (нітрати, рН, жорсткість, сухий залишок тощо).

Наукова новизна роботи полягає у встановленні особливостей міграції важких металів у системі «ґрунт - каптаж» в умовах урбанізованого середовища та воєнного впливу, а також у виявленні відсутності прямої кореляції між вмістом металів у ґрунті та воді. Вперше для досліджених джерел м. Харкова ідентифіковано зони підвищеного ризику забруднення свинцем і нітратами з урахуванням просторового розташування та рівня техногенного навантаження.

Встановлено перевищення гранично допустимих концентрацій свинцю у воді окремих джерел, розташованих у зонах інтенсивного транспортного та інфраструктурного впливу. Зафіксовано значні перевищення нітратів, що свідчить про деградацію водозбірних територій. Показано, що попри допустимі рівні цинку та міді у воді, їх накопичення у ґрунтах може становити довгострокову техногенно-екологічну загрозу.

Практичне значення результатів полягає у можливості використання отриманих даних для оцінювання безпечності альтернативних джерел водопостачання, удосконалення систем екологічного моніторингу та прийняття управлінських рішень у сфері цивільного захисту.

Ключові слова: природні джерела питної води, якість води, важкі метали, техногенне навантаження, екологічний моніторинг, урбанізовані території, резервні джерела водопостачання.

Постановка проблеми

Забезпечення техногенно-екологічної безпеки є одним із ключових напрямів запобігання надзвичайним ситуаціям і мінімізації їхніх наслідків для населення та довкілля. Основою такої діяльності є реалізація комплексу превентивних наукових, інженерно-технічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження ризику виникнення аварій та поширення небезпечних речовин у навколишньому середовищі.

У техногенній сфері попередження надзвичайних ситуацій здійснюється безпосередньо на виробничих об'єктах шляхом удосконалення технологічних процесів, підвищення надійності обладнання, впровадження систем технічного контролю, діагностики та безаварійної зупинки виробництва. Важливу роль відіграють також інженерні захисні споруди та гідротехнічні об'єкти, які обмежують поширення забруднювальних речовин у водному

середовищі та знижують ризики негативного впливу техногенних факторів на природні екосистеми.

Особливе значення має контроль якості водних ресурсів та безпечності питного водопостачання. В умовах воєнного стану та надзвичайних ситуацій в Україні діють спеціальні нормативні вимоги до показників безпечності питної води, що регламентують контроль води на всіх етапах її підготовки та подачі споживачам [1].

Зростання техногенного навантаження на довкілля, зношеність інженерної інфраструктури та забруднення водних об'єктів зумовлюють необхідність удосконалення підходів до попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднювальних речовин.

У даній роботі під техногенним навантаженням розуміється сукупний вплив об'єктів технічної інфраструктури, транспорту, промисловості та урбанізованих територій на стан природних компонентів довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється проблемам забруднення гідросфери та їхньому впливу на екологічну безпеку територій. Техногенна діяльність, зокрема промислове виробництво, транспорт, сільське господарство та урбанізація, призводить до зростання навантаження на водні ресурси і погіршення якості поверхневих та підземних вод. Основними джерелами забруднення водних об'єктів є промислові та комунальні стічні води, поверхневий стік з урбанізованих територій, а також стоки із сільськогосподарських угідь, що містять нітрати, фосфати, пестициди, нафтопродукти та солі важких металів [2–5].

Надзвичайні ситуації техногенного характеру, зокрема аварії на промислових об'єктах, витоки нафтопродуктів, руйнування гідротехнічних споруд або пошкодження інженерної інфраструктури, можуть спричинити різке погіршення стану водних екосистем та формувати загрозу для систем питного водопостачання [7–10]. У таких випадках у водні об'єкти потрапляють токсичні речовини, що призводить до загибелі водних організмів, порушення біохімічних процесів у водоймах та зростання ризику захворюваності населення.

Останніми роками в Україні додатковим фактором погіршення якості водних ресурсів стали наслідки воєнних дій. Руйнування промислових підприємств, складів пально-мастильних матеріалів, каналізаційних мереж та інших об'єктів інфраструктури призводить до потрапляння у водойми токсичних речовин, нафтопродуктів, важких металів та залишків вибухових речовин [5–7]. Зокрема у Нікополі (2023–2024) моніторинг артезіанських свердловин показав перевищення норм сухого залишку, жорсткості, сульфатів, хлоридів та амонію [8]. Дослідження джерел нецентралізованого водопостачання у Одеській області виявило відхилення від нормативних вимог не тільки за санітарно-хімічними, але й за мікробіологічними показниками. Загалом стан якості води із джерел нецентралізованого водопостачання сільського

населення певних районів Одеської області є вкрай незадовільним внаслідок суттєвого перевищення середніх рівнів невідповідності по країні [9].

Сучасні наукові підходи до запобігання забрудненню водних об'єктів базуються на комплексному екологічному моніторингу, застосуванні фізико-хімічних і біологічних методів аналізу води, використанні математичних моделей, а також комбінованих стратегій для ефективного прогнозування та контролю забруднення в річках, озерах і урбанізованих акваторіях [10–12]. Значна увага приділяється розробці нових технологій очищення стічних вод, впровадженню локальних систем моніторингу та інженерно-технічних рішень для запобігання потраплянню забруднень у поверхневі та підземні води [3, 13].

Важливим напрямом сучасних досліджень є також застосування ризик-орієнтованого підходу до управління техногенно-екологічними загрозами, що передбачає ідентифікацію джерел небезпеки, оцінку ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та прогнозування їх можливих наслідків для довкілля і населення [14–17]. У міжнародній практиці такі підходи реалізуються відповідно до рекомендацій стандарту ISO 31000:2018 та інтегруються у системи екологічного моніторингу і цивільного захисту [18].

Крім того, у країнах Європейського Союзу активно застосовуються цифрові системи екологічного моніторингу, що поєднують супутникові, лабораторні та польові дані (зокрема Copernicus EMS та EIONET), що дозволяє оперативно оцінювати екологічний стан водних об'єктів та прогнозувати розвиток небезпечних ситуацій [19, 20]. Подібні підходи поступово впроваджуються і в Україні через створення локальних систем моніторингу та інформаційних платформ екологічної безпеки [21–23].

Таким чином, аналіз наукових досліджень свідчить, що проблема забруднення водних ресурсів і попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднювальних речовин у гідросфері, залишається актуальною. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вдосконалення систем моніторингу, оцінки ризиків та розроблення ефективних методів запобігання техногенно-екологічним загрозам.

Постановка завдання та його вирішення

У сучасних умовах зростання техногенного навантаження та руйнування інженерної інфраструктури внаслідок воєнних дій особливої актуальності набуває забезпечення населення альтернативними джерелами питного водопостачання. У разі порушення функціонування централізованих систем водопостачання природні джерела (каптажі) розглядаються як потенційні резервні джерела водозабезпечення.

Разом із тим якість води таких джерел формується під впливом локальних геоекологічних умов і техногенних факторів, що зумовлює необхідність їх комплексного дослідження. Особливу небезпеку становить забруднення важкими металами та

нітратами, які можуть накопичуватися у водоносних горизонтах і становити ризик для здоров'я населення.

У зв'язку з цим актуальним науковим завданням є оцінювання екологічного стану природних джерел питного водопостачання з урахуванням впливу техногенних факторів та визначення їх придатності для використання у надзвичайних ситуаціях.

Мета дослідження

Метою роботи є оцінювання екологічного стану природних джерел питного водопостачання міста Харків шляхом визначення вмісту важких металів у воді та прилеглих ґрунтах, а також аналіз санітарно-хімічних показників якості води для встановлення можливих ризиків її використання як резервного джерела питного водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

– вперше для природних джерел м. Харкова виконано комплексне оцінювання системи «ґрунт – каптаж» з урахуванням просторового розташування джерел та рівня техногенного навантаження;

– встановлено відсутність прямої кореляційної залежності між вмістом важких металів у ґрунтах і воді каптажів;

– визначено закономірності формування підвищених концентрацій свинцю у воді джерел, розташованих у зонах транспортного та інфраструктурного впливу;

– удосконалено підхід до оцінювання екологічного стану резервних джерел водопостачання в умовах воєнних ризиків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1) провести відбір проб води з природних джерел питного водопостачання та проб ґрунту в зоні їх розташування та визначити вміст важких металів (свинцю, цинку та міді) у зразках води та ґрунту методом атомно-абсорбційної спектроскопії;

2) дослідити санітарно-хімічні показники безпечності та якості води природних джерел;

3) оцінити вплив техногенних факторів на стан водних джерел та прилеглих ґрунтів;

4) розробити рекомендації щодо покращення системи екологічного контролю та збереження якості води природних джерел.

Вирішення поставленого завдання передбачало проведення експериментальних досліджень води та ґрунтів у районах розташування природних джерел питного водопостачання міста Харків.

Дослідження проводили шляхом відбору проб води з каптажів природних джерел та зразків ґрунту в зоні їх розташування [24–27], з подальшим аналізом, з використанням методу атомно-абсорбційної спектроскопії, що дозволило визначити концентрації важких металів (свинцю, цинку та міді) у досліджуваних середовищах [28–30].

Крім того, проведено аналіз санітарно-хімічних показників безпечності та якості води, зокрема вмісту нітратів, нітритів, хлоридів, показника рН, загальної жорсткості, сухого залишку та інших показників, що характеризують придатність води для питного використання [31].

Для досягнення мети дослідження у період з грудня 2023 р. по травень 2024 р. проведено комплексний екологічний моніторинг 9 репрезентативних природних джерел (каптажів) м. Харкова та прилеглих територій.

Об'єктом дослідження обрано природні джерела, обладнані для відбору води на питні потреби (каптажі), які на випадок надзвичайної ситуації пов'язаної з відсутністю у місті електропостачання («блек-аут»), Харківською міською філією ДУ «Харківський ОЦКПХ МОЗ» сумісно з Департаментом житлово-комунального господарства Харківської міської ради, визначено як найбільш популярні у населення джерела нецентралізованого водопостачання:

– Саржин яр (вул. Отакара Яроша);

– Харківське-2 (вул. Мінераловодська, 1);

– парк «Юність» (вул. Полтавський шлях, 198);

– Олексіївська балка (вул. Клочківська);

– Олешківський яр (селище Олешки);

– Глибокий яр (вул. Владислава Зубенка, 25);

– Кітлярчин яр (вул. Бучми);

– Манжосів яр (вул. Метробудівників);

– джерело за житловим будинком № 64 на вул. Семена Кузнеця.

Фахівцями Філії організований щомісячний контроль води з цих джерел за мікробіологічними, органолептичними та фізико-хімічними показниками. У досліджених пробах води виявлені перевищення нормативів за показниками загальної жорсткості, каламутності, кольоровості, вмісту нітратів, сульфатів, сухого залишку та заліза. Для Харківського регіону є характерним високий вміст нітратів у воді шахтних та трубчастих колодязів. В 46,2 % досліджених проб колодязної води вміст нітратів перевищував гранично допустиму концентрацію, іноді до 22 разів. Найвищі концентрації нітратів виявлені у колодязях на територіях Богодухівського, Ізюмського, Лозівського, Чугуївського та Харківського районів [32].

Відбір здійснювався згідно з ДСТУ ISO 5667-6:2009 безпосередньо з витоків каптажів. Аналіз вмісту важких металів (Pb, Zn, Cu) проводився методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ААС). Санітарно-хімічні показники визначалися за стандартними методиками згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10. Місця відбору проб води та ґрунту у м. Харків наведено на рисунку 1. Ще один зразок відбирали з природного джерела питного водопостачання у селищі Буди

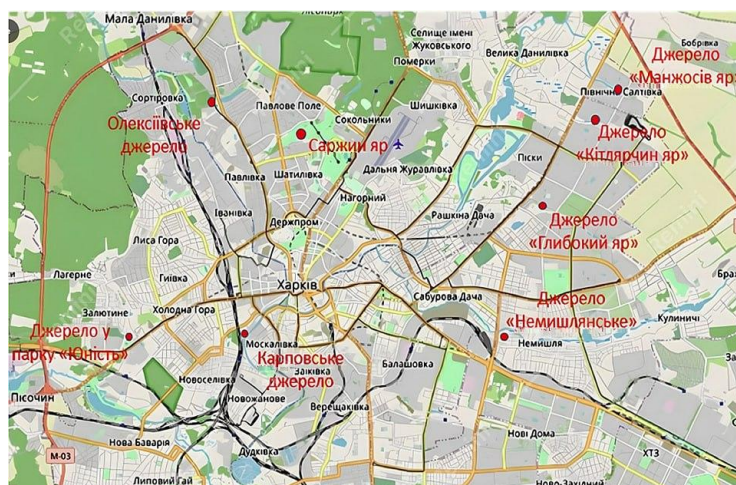


Рисунок 1 – Місця відбору проб ґрунту та води

Відбір проб ґрунтів проводився методом «конверта» на глибині 0–20 см у безпосередній близькості до джерел (радіус до 5 м). Визначався вміст рухомих форм металів, що дозволяє оцінити реальний ризик міграції токсикантів у підземні горизонти. Результати базуються на середньоарифметичних значеннях серії вимірів за вказаний період. Порівняння проводилося з

нормативами ДСанПіН № 683 та гігієнічними вимогами до ґрунтів. Результати дослідження проб ґрунту та води, відібраних у вищезазначених точках відбору на вміст свинцю, міді та цинку методом атомно-абсорбційної спектроскопії та санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вміст важких металів в зразках води

Місця відбору проб	Важкий метал, мг/дм ³		
	Pb	Zn	Cu
ГДК	0,01	1,0	2,0
Контроль (вода)	< 0,01	0,038	0,016
Сел. Буди	< 0,01	0,0084	0,0058
Немишлянське джерело	0,01	0,09	0,007
Парк «Юність»	0,015	0,016	0,006
Карпівське джерело	0,017	0,012	0,006
Джерело «Глибокий яр»	0,016	0,012	0,0035
Джерело «Кітлярчин яр»	< 0,01	0,0098	0,0065
Джерело «Манжосів яр»	0,014	0,0095	0,0062
Олександрівське джерело (біля церкви)	< 0,01	0,011	0,0024
Саржин яр	0,012	0,011	0,0028

Наведені у таблиці 1 значення гранично допустимих концентрацій (ГДК) свинцю та міді у воді та санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води зазначені у Наказі МОЗ України «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру» [1].

Значення ГДК цинку зазначені у Наказі МОЗ України Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [31].

Результати аналізу зразків води на вміст важких металів свідчать про наявність перевищення ГДК за вмістом свинцю у джерелах, які знаходяться в

урбанізованій зоні під впливом техногенного навантаження. Основним джерелом надходження цього токсичного елемента є його накопичення в ґрунті внаслідок викидів автомобільного транспорту, тобто в результаті застосування протягом тривалого часу етилованого бензину. Зазначені джерела знаходяться у центральних районах міста Харкова з високим автотранспортним навантаженням.

Для визначення загального стану якості та безпечності води з досліджуваних джерел був зроблений аналіз відібраних зразків за санітарно-хімічними показниками безпечності та якості питної води (таблиця 2).

Таблиця 2 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води з природних джерел

Місця відбору проб	Нітрати, мг/дм ³	Нітрити, мг/дм ³	pH	Хлориди, мг/дм ³	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	Аміак, мг/дм ³	Бікарбонати, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Лужність, ммоль/дм ³	Сухий залишок, мг/дм ³
ГДК	≤ 50	≤ 3,3	6,5–9,0	350	≤ 10,0	≤ 2,6		не визначається			1500
Контроль	0,192	< 0,002	6,71	8	0,1	< 0,1	24,41	–	–	0,4	62,0
Сел. Буди	25,44	< 0,002	–	19	9,3	< 0,1	–	120,2	40,13	–	986,0
Немишлянське джерело	72,32	< 0,002	7,3	92	9,7	< 0,1	482	126,25	69,92	7,9	680,0
Парк «Юність»	102,24	< 0,002	6,93	100	11,1	< 0,1	500,3	146,29	85,12	8,2	933,0
Карпівське джерело	227,36	< 0,002	6,73	180	10,1	< 0,1	390,5	134,27	83,9	6,4	1310,0
Джерело «Глибокий яр»	35,94	< 0,002	6,51	40	7,4	< 0,1	256,3	92,18	34,05	4,2	997,0
Джерело «Кітлярчин яр»	35,49	< 0,002	6,86	37	8,5	< 0,1	366,1	102,2	41,34	6	910,0
Джерело «Манжосів яр»	21,86	< 0,002	7,04	65	8,1	< 0,1	353,9	100,1	37,7	5,8	1167,0
Олексіївське джерело	44,69	< 0,002	7,3	90	4,7	< 0,1	500,3	46,09	29,18	8,2	792,0
Саржин яр	14,13	< 0,002	7,07	82	4,6	< 0,1	390,5	54,11	23,1	6,4	615,0

За результатами дослідження можна зробити висновок, що перевищення ГДК за показником нітратів має місце у зразках з Немишлянського, Карпівського та парку Юність. Це пояснюється великим і довготривалим техногенним впливом на склад поверхневих вод та ґрунтів у водозабірній площі, а також насичення ґрунту органічними забрудненнями.

Найбільш небезпечний елемент із тих, що були визначені в пробах води та ґрунту – свинець. На рисунку 2 показано вміст свинцю у зразках у порівняльному масштабі – у ґрунті розмірність – мг/кг, а у воді – мкг/дм³, або 0,001 мг/дм³.

У більшості зразків виявлено перевищення ГДК за вмістом свинцю – це каптажі, розташовані в зонах техногенного навантаження. Слід звернути увагу на наявність свинцю у воді з джерела Саржиного яру, де раніше його не відмічали. Найбільший вміст свинцю – у зразку з Карпівського джерела, що можна пояснити розташуванням поблизу залізничних колій.

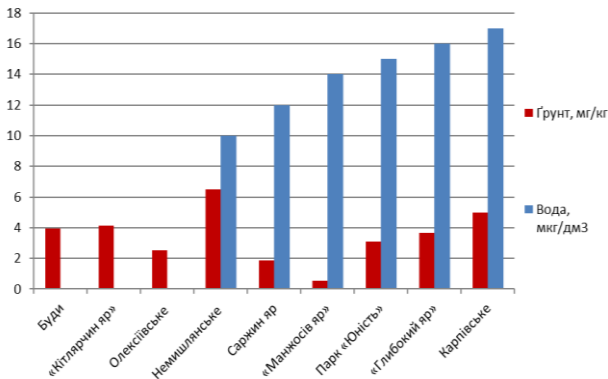


Рисунок 2 – Вміст свинцю в зразках ґрунту та води

За вмістом цинку отримані значення вмісту не перевищують ГДК для ґрунту та каптажів. Аналітична діаграма вмісту цинку у пробах наведена на рисунку 3.

Для наочності на рисунку 3 концентрація цинку у воді показана у розмірності 10 мкг/дм³, тобто ГДК цинку у воді каптажів – 1000 мкг/дм³ або 1,0 мг/дм³ (поза шкалою діаграми).

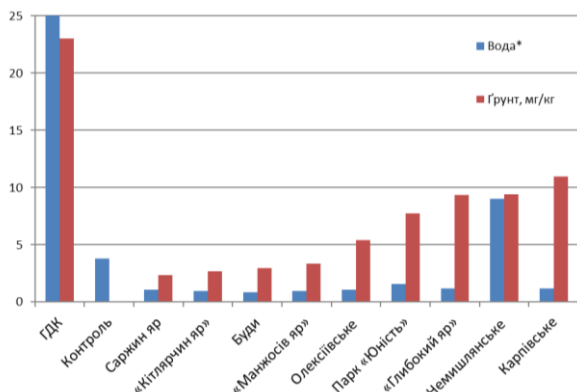


Рисунок 3 – Вміст цинку в зразках ґрунту та води

Слід зауважити, що найбільший вміст цинку виявлено у воді з Немишлянського джерела, яке знаходиться в межах водозбірної площі

промислового району, де розташовано багато підприємств металообробної промисловості, що забруднюють атмосферне повітря протягом десятиліть.

Загалом вміст цинку в ґрунтах нижче ГДК, зразки з джерел Саржиного яру, Буд, Кітлярчиного та Манжосового яру можна вважати фоновими. Решта зразків має ознаки техногенного впливу.

Вміст міді у зразках також не показав залежності концентрацій у воді від її вмісту у ґрунті (рисунок 4). Масштаб вмісту міді у воді для зручності показано у розмірності 10 мкг/дм³ на одиницю шкали, абсолютні значення наведено в таблиці 1.

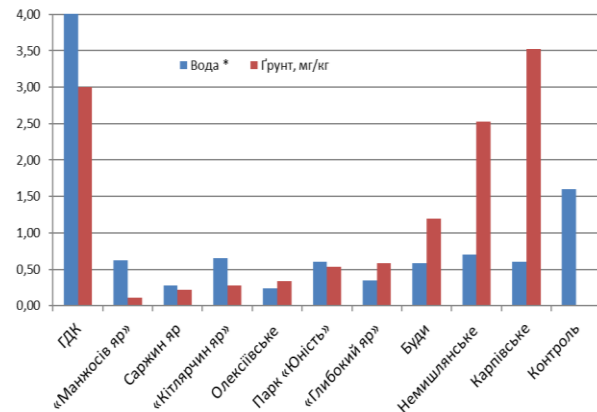


Рисунок 4 – Вміст міді в зразках ґрунту та води

Слід звернути увагу, що в даному випадку концентрації міді у проаналізованих зразках води знаходиться в діапазоні мікроелементів і не становлять загрози для здоров'я людини (майже в 100–1000 разів менше ГДК). В той же час вміст міді в ґрунті в зонах значного техногенного навантаження досягає, а у зразках з Карпівського джерела – перевищує ГДК. Це свідчить про довготривалий вплив забруднення внаслідок техногенного навантаження, викидів в атмосферне повітря і скидів у поверхневі води під час виробничих процесів та діяльності транспорту.

Результати аналізу вмісту важких металів в ґрунтах поруч з каптажами і води з них не виявили прямої залежності між концентраціями свинцю, міді та цинку у воді та ґрунтах.

В той же час, є залежність вмісту від розташування джерел і наявності техногенного навантаження в навколишній території.

Перевищення ГДК виявлено за показником вмісту свинцю в зразках води джерел – Парк Юність, Карпівський, Глибокий і Манжосів Яру.

Отримані результати свідчать, що підвищений вміст свинцю у воді каптажів зумовлений не лише локальним забрудненням ґрунтів, але й процесами вертикальної міграції токсикантів та надходженням забруднювачів із атмосферними опадами. Відсутність прямої кореляції між концентраціями металів у ґрунті та воді пояснюється впливом гідрогеологічних умов, зокрема глибиною залегання водоносного горизонту, фільтраційними

властивостями порід та напрямками підземного стоку.

Порівняльний аналіз із результатами довоєнних досліджень, наведених у роботі [33], показав, що ще до 2022 року більшість джерел м. Харкова характеризувалися середнім рівнем небезпеки для здоров'я населення, при цьому максимальні значення індексу небезпеки досягали 3,28 для дітей та 1,91 для дорослих, зокрема для джерела у парку «Юність».

Порівняння з результатами, отриманими у даному дослідженні, свідчить про збереження загальної тенденції до підвищеного рівня екологічного ризику для окремих джерел, а також про локальне погіршення якості води, зокрема за вмістом свинцю та нітратів.

Відсутність суттєвого покращення показників якості води у поєднанні з виявленими перевищеннями гранично допустимих концентрацій свідчить про стійкий характер впливу техногенного навантаження на водоносні горизонти.

Водночас сучасні умови, пов'язані з воєнними діями, порушенням інженерної інфраструктури та зміною гідрогеологічних умов, можуть сприяти подальшому погіршенню якості підземних вод, що підсилює ризику для здоров'я населення.

Таким чином, встановлено, що навіть у довоєнний період досліджені джерела не відповідали критеріям безпечного водокористування, а сучасний рівень техногенного навантаження формує додаткові екологічні ризики, що підтверджує необхідність системного моніторингу та впровадження природоохоронних заходів.

За результатами дослідження стану води та ґрунтів джерел питного водопостачання розроблено пропозиції щодо збереження та поліпшення їх якості:

1) для покращення стану природних джерел питної води у Харкові пропонується запровадити систематичний моніторинг вмісту важких металів у воді та ґрунтах біля джерел;

2) з огляду на можливий вплив воєнних дій розширити перелік важких металів, за якими провадити екологічний контроль стану природних джерел в місті Харків та передмістях;

3) для підвищення обізнаності населення про важливість збереження якості води пропонується запровадити комплексну інформаційно-просвітницьку кампанію, присвячену раціональному водокористуванню та методам збереження водних ресурсів.

Висновки

1. Наукова новизна дослідження полягає у встановленні закономірностей формування якості води каптажів в умовах урбанізованого середовища та воєнного впливу, а також у виявленні просторових зон підвищеного екологічного ризику.

2. Встановлено, що екологічний стан джерел Харкова формується під інтенсивним техногенним впливом. Найбільш критичним показником є вміст свинцю (Pb), перевищення ГДК якого ($> 0,01$ мг/дм³) зафіксовано у 55 % досліджених джерел (Парк «Юність», Карпівське, Глибокий яр, Манжосів яр, Саржин яр).

3. Пікові концентрації свинцю у воді Карпівського джерела (0,017 мг/дм³) та високий вміст міді у прилеглому ґрунті (3,52 мг/кг) корелюють із близькістю до залізничної інфраструктури та автомагістралей. Поява Pb у джерелі «Саржин яр» свідчить про деградацію захисних бар'єрів водоносного горизонту внаслідок урбанізації.

4. Виявлено стійке перевищення ГДК нітратів у джерелах «Парк Юність» (102,2 мг/дм³) та «Карпівське» (227,3 мг/дм³), що вказує на тривале забруднення водозбірної площі, імовірно пов'язане з незадовільним станом водовідведення у прилеглому приватному секторі.

5. Прямої лінійної кореляції між валовим вмістом металів у ґрунті та їх концентрацією у воді не виявлено. Це свідчить про те, що міграція важких металів у каптажі визначається не лише станом поверхневого шару ґрунту, а й гідрогеологічними характеристиками джерела та техногенними витоками.

6. Попри виявлені відхилення, більшість джерел зберігають значення Zn та Cu нижче ГДК (у 10–100 разів), що підтверджує можливість їх використання як резервних, проте виключно за умови обов'язкового попереднього очищення (фільтрації, сорбції тощо) та контролю за Pb і нітратами.

7. Проведений порівняльний аналіз із довоєнними даними показав відсутність позитивної динаміки у покращенні якості води досліджених джерел та свідчить про збереження і посилення впливу техногенних факторів.

Таким чином, в результаті роботи, досліджено екологічний стан природних джерел питного водопостачання урбанізованої території міста Харків з урахуванням впливу техногенних факторів. У роботі проведено синхронний аналіз міграції свинцю, цинку та міді у системі «ґрунт - каптаж» для ключових резервних джерел питного водопостачання м. Харкова, що дозволяє уточнити карту екологічних ризиків [33] для цивільного населення у разі «блек-аутів».

Встановлено особливості формування вмісту важких металів у воді природних джерел залежно від рівня техногенного навантаження на території їх розташування. Виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій свинцю у воді окремих джерел, що пов'язано з розміщенням поблизу транспортних магістралей та об'єктів інфраструктури.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для оцінювання екологічного стану природних джерел питного водопостачання урбанізованих територій та обґрунтування доцільності їх використання як резервних джерел водозабезпечення у надзвичайних ситуаціях. Отримані результати можуть бути застосовані під час організації моніторингу якості води, плануванні заходів техногенно-екологічної безпеки та розробленні управлінських рішень щодо зниження негативного впливу техногенних факторів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення переліку контрольованих важких

металів та інших токсичних елементів у воді природних джерел, проведення довгострокового екологічного моніторингу стану водних джерел та прилеглих ґрунтів, дослідження впливу воєнних дій та техногенних факторів на якість водних ресурсів

урбанізованих територій та розроблення комплексної системи екологічного контролю та управління якістю резервних джерел питного водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуацій іншого характеру : ДСанПіН, затв. наказом МОЗ України від 22 квітня 2022 р. № 683. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#Text>.
2. Rybalova O., Pinsky O., Bryhada O., Matsak A. Economic assessment of the risk to public health caused by surface water pollution. *Техногенно-екологічна безпека*. 2025. № 17(1). С. 18–27. URL: <https://jtb.nuczu.edu.ua/en/2-text/311-economic-assessment-of-the-risk-to-public-health-caused-by-surface-water-pollution>.
3. Артем'єв С. Р., Рибалова О. В., Бригада О. В., Ільїнський О. В., Мацак А. О. Вивчення процесу замулення пристроїв інфільтрації дощового стоку з різними фільтруючими насадками. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2024. № 2(40). С. 201–217. URL: <https://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/24682>.
4. 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. Vol. 16, № 3. P. 50–59. URL: <https://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/16020>.
5. Строкаль В. П., Ковпак А. В. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. *Екологічні науки*. 2022. № 5(44). С. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>.
6. Шевченко О. В., Пронь О. С., Чеботарьова І. В. Вплив повномасштабних бойових дій на стійкість територій до кліматичних змін. *Екологіка та суспільство*. 2024. Вип. 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-106>.
7. Дідковська Л. Водні конфлікти в Україні та світі. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*. 2024. Вип. 5. С. 69–85. URL: <https://aab-economics.kmf.uz.ua/aabe/article/view/154>.
8. Гушук І. В., Мокієнко А. В., Гурак Р. М. Еколого-гігієнічна оцінка стану водозабезпечення населення м. Нікополя Дніпропетровської області за 2019–2024 роки. *Public Health Journal*. 2025. № 1. С. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.32782/pub.health.2025.1.12>.
9. Валькевич Д. В., Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Гігієнічна оцінка якості питної води із джерел нецентралізованого водопостачання деяких районів Одеської області. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2024. № 2(76). С. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12509960>.
10. Karim M., Dehaj I., Akgül A., Hassani M. K., Ferjouchia H., Rachik M. Mathematical modelling and control approach for sustainable ecosystems in mitigating the impact of pollutants on aquatic species in rivers. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14, № 1. Article 17327. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66547-3>.
11. Oludoun O. Y., Salawu S. O., Adesanya S. O., Abiodun O. E. Mathematical analysis and control optimization of soluble and insoluble water pollutants dispersion. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, № 22. Article e40457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40457>.
12. Ness E., Fatima A., Maktabdard-Oghaz M., Luca C. An investigation into water quality monitoring models using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*. 2025. Vol. 46, № 4. P. 1742–1772. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2439083>.
13. Корпильов Д., Здобицький А., Мокрицька О., Чернюк В. Розробка інтелектуальної системи моніторингу водних ресурсів. *Computer Design Systems: Theory and Practice*. 2025. Vol. 7, № 1. С. 81–93. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/apr/38664/2508.pdf>.
14. Про затвердження Порядку проведення зонування територій за результатами визначення рівнів ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із наявністю об'єктів підвищеної небезпеки, а також впливом небезпечних геологічних, гідрологічних та метеорологічних явищ і процесів : наказ МВС України від 06 вересня 2024 р. № 611. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1426-24>.
15. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру : розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/37-2014-%D1%80>.
16. ДСТУ EN IEC 31010:2022. Керування ризиками — методи оцінки ризиків (EN IEC 31010:2019, IDT; IEC 31010:2019, IDT). [Чинний від 2023-12-31]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100889.
17. Про затвердження Порядку управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж : наказ МВС України від 31 липня 2023 р. № 627. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1397-23>.
18. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80322.
19. Copernicus EMS : вебсайт. URL: <https://emergency.copernicus.eu/>.
20. European Environment Information and Observation Network : вебсайт. URL: <https://www.eionet.europa.eu/>.
21. EcoCity : вебсайт. URL: <https://reborn.eco-city.org.ua/>.
22. WaterNet : вебсайт. URL: <https://waternet.ua/water-map-fp>.
23. ЕкоЗагроза : вебсайт. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/>.
24. ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 22 с. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511.
25. ДСТУ EN ISO 5667-6:2025. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб із річок і струмків (EN ISO 5667-6:2016, IDT; ISO 5667-6:2014, IDT). URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=116543.
26. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58984.
27. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=54569.
28. ДСТУ 4770.9:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/document.html?id_doc=58896.
29. ДСТУ 4770.6:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58930.
30. ДСТУ 4770.2:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=58850.
31. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171-10, затв. наказом МОЗ України від 12 травня 2010 р. № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.
32. Про результати лабораторних досліджень води з джерел нецентралізованого водопостачання на території Харківської області за 3 місяці 2024 року. Харківський обласний ЦКПХ : вебсайт. URL: <https://kh.cdc.gov.ua/articles/pro-rezultaty-laboratoryh-doslidzen-vody-z-dzherel-netsentralizovanogo-vodopostachannya-na-terytoriyi-harkivskoyi-oblasti-za-3-misyatsi-2024-roku/>.
33. Бригада О. В., Рибалова О. В., Росколько А. В. Оцінка ризику для здоров'я населення при вживанні питної води з джерел м. Харкова. *Науковий вісник будівництва*. 2017. № 4(90). С. 164–171. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/ar>.

UDC 614.8:628.1.033(477.54)

THE ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTENT IN WATER OF NATURAL SOURCES OF DRINKING WATER SUPPLY UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT

O. Ilinskyi

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1737-9462>
National University of Civil Protection of Ukraine
8 Onopriienka St., Cherkasy, 18034, Ukraine

O. Bryhada

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5777-8516>
National University of Civil Protection of Ukraine
8 Onopriienka St., Cherkasy, 18034, Ukraine

A. Matsak

Candidate of Technical Sciences
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2856-9437>
National University of Civil Protection of Ukraine
8 Onopriienka St., Cherkasy, 18034, Ukraine

DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2026.1.3>

Received: March 27, 2026

Accepted: May 29, 2026

Published: May 30, 2026

Cite as: Ilinskyi, O., Bryhada, O., Matsak, A. (2026). The assessment of heavy metal content in water of natural sources of drinking water supply under anthropogenic impact. *Technogenic and Ecological Safety*, 19(1/2026), 21–30. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2026.1.3>

Open Access License: Creative Commons Attribution 4.0 International License

Abstract. The article presents the results of a comprehensive environmental assessment of the condition of natural drinking water sources (captured springs) in the city of Kharkiv. The importance of the study lies in the critical need to verify the quality of alternative water sources, which are considered as a strategic reserve in emergency situations, hostilities and long-term disruptions in the operation of centralized water supply systems ("blackouts").

The methodological basis of the study includes experimental data of water samples and near soils collected at nine representative locations within the city and its suburbs (including Sarzhyn Yar, Karpivske, Manzhosiv Yar, etc.). A key aspect of the research was the determination of heavy metal concentrations (lead, zinc, and copper) within the "soil-water supply" system using atomic absorption spectrometry. In parallel, a detailed analysis of sanitary and chemical safety indicators has been conducted, including nitrate, nitrite, chloride, sulfate, pH, total hardness, and total dissolved solids.

The results indicate that a significant proportion of the studied sources have an anthropogenic impact. Exceedances of maximum permissible concentrations (MPC) for lead have been identified in water samples from sources located in areas with intensive traffic and industrial load. In particular, critical levels of lead have been discovered in the Karpivske, which is associated with its proximity to railways. Despite relatively stable concentrations of zinc and copper in water, the accumulation of mobile forms of copper has been detected in adjacent soils, indicating long-term accumulation of toxic substances. Special attention is given to nitrate contamination: in the several places (e.g., Yunost Park, Nemyshlianske), nitrate levels significantly exceed permissible limits, reflecting poor conditions of the drainage basin and infiltration of organic pollutants.

The practical significance of the obtained results lies in providing a basis for developing recommendations regarding the use of springs as backup water sources. It has been demonstrated that the use of such water without prior treatment and systematic monitoring poses a potential risk to public health. The findings can be integrated into civil protection systems and environmental monitoring frameworks of urbanized areas to mitigate the consequences of anthropogenic and environmental hazards.

Key words: natural drinking water sources, water quality, heavy metals, anthropogenic pressure, environmental monitoring, urbanized areas, backup water supply sources.

REFERENCES

1. Ministry of Health of Ukraine. (2022). Pokaznyky bezpechnosti ta okremi pokaznyky yakosti pytnoi vody v umovakh voiennoho stanu ta nadzvychainykh sytuatsiakh inshoho kharakteru: DSanPiN, zatverdzeni nakazom MOZ Ukrainy vid 22 kvitnia 2022 r. No. 683 [Safety indicators and selected quality indicators of drinking water under martial law and emergencies of other nature: State sanitary rules and norms approved by Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 683 of April 22, 2022]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#Text> [in Ukrainian].
2. Rybalova, O., Ilinskyi, O., Bryhada, O., & Matsak, A. (2025). Economic assessment of the risk to public health caused by surface water pollution. *Technogenic and Environmental Safety*, 17(1), 18–27. <https://jeb.nuczu.edu.ua/en/2-text/311-economic-assessment-of-the-risk-to-public-health-caused-by-surface-water-pollution>
3. Artemiev, S. R., Rybalova, O. V., Bryhada, O. V., Ilinskyi, O. V., & Matsak, A. O. (2024). Vychennia protsesu zamulennia prystroiv infiltratsii doshchovoho stoku z riznymi filtruiuchymy nasadkamy [Study of the siltation process of stormwater infiltration devices with different filter media]. *Problems of Emergency Situations*, 2(40), 201–217. <https://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/24682> [in Ukrainian].
4. Myroshnychenko, A., Loboichenko, V., Divizinyuk, M., Levterov, A., Rashkevich, N., Shevchenko, O., & Shevchenko, R. (2022). 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*, 16(3), 50–59. <https://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/16020>
5. Strokal, V. P., & Kovpak, A. V. (2022). Voienni konflikty ta voda: naslidky y ryzyky [Military conflicts and water: Consequences and risks]. *Ecological Sciences*, 5(44), 94–102. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14> [in Ukrainian].
6. Shevchenko, O. V., Pron, O. S., & Chebotarova, I. V. (2024). Vplyv povnomasshtabnykh boiovykh dii na stiikist terytorii do klimatychnykh zmin [Impact of full-scale hostilities on the resilience of territories to climate change]. *Economy and Society*, 67, 106. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-106> [in Ukrainian].
7. Didkovska, L. (2024). Vodni konflikty v Ukraini ta sviti [Water conflicts in Ukraine and the world]. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*, 5, 69–85. <https://aab-economics.kmf.uz.ua/aabe/article/view/154> [in Ukrainian].
8. Hushchuk, I. V., Mokiienko, A. V., & Hurak, R. M. (2025). Ekolooho-hihiienichna otsinka stanu vodozabezpechennia naseleennia m. Nikopolia Dnipropetrovskoi oblasti za 2019–2024 roky [Ecological and hygienic assessment of the state of water supply of the population of Nikopol, Dnipropetrovsk region, in 2019–2024]. *Public Health Journal*, 1, 85–91. <https://doi.org/10.32782/pub.health.2025.1.12> [in Ukrainian].

9. Valkevych, D. V., Babienko, V. V., & Mokiienko, A. V. (2024). Hihienichna otsinka yakosti pytnoi vody iz dzherel netsentralizovanoho vodopostachannia deiakyykh raioniv Odeskoi oblasti [Hygienic assessment of drinking water quality from decentralized water supply sources in some districts of Odesa region]. *Actual Problems of Transport Medicine*, 2(76), 111–117. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12509960> [in Ukrainian].
10. Karim, M., Dehaj, I., Akgül, A., Hassani, M. K., Ferjouchia, H., & Rachik, M. (2024). Mathematical modelling and control approach for sustainable ecosystems in mitigating the impact of pollutants on aquatic species in rivers. *Scientific Reports*, 14(1), 17327. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66547-3>
11. Oludoun, O. Y., Salawu, S. O., Adesanya, S. O., & Abiodun, O. E. (2024). Mathematical analysis and control optimization of soluble and insoluble water pollutants dispersion. *Heliyon*, 10(22), 40457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40457>
12. Ness, E., Fatima, A., Maktabdar-Oghaz, M., & Luca, C. (2025). An investigation into water quality monitoring models using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 46(4), 1742–1772. <https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2439083>
13. Korypylov, D., Zdobytyskiy, A., Mokrytska, O., & Cherniukh, V. (2025). Rozrobka intelektualnoi systemy monitorynhu vodnykh resursiv [Development of an intelligent water resources monitoring system]. *Computer Design Systems: Theory and Practice*, 7(1), 81–93. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/apr/38664/2508.pdf> [in Ukrainian].
14. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2024). Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia zonuвання terytorii za rezultaty vyznachennia rinvn ryzykiv vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii, poviazanykh iz naiavnistiu ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky, a takozh vplyvom nebezpechnykh heolohichnykh, hidrolohichnykh ta meteorolohichnykh yavysch i protsesiv: Nakaz MVS Ukrainy vid 06 veresnia 2024 r. No. 611 [On approval of the Procedure for zoning territories based on the results of determining risk levels of emergencies related to high-risk facilities and the impact of hazardous geological, hydrological and meteorological phenomena and processes: Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine No. 611 of September 6, 2024]. <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1426-24> [in Ukrainian].
15. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2014). Pro skhvalennia Kontseptsii upravlinnia ryzykamy vynyknennia nadzvychainykh situatsii tekhnogennoho ta pryrodnoho kharakteru: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22 sichnia 2014 r. No. 37-r [On approval of the Concept of risk management for technogenic and natural emergencies: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 37-r of January 22, 2014]. <https://zakon.rada.gov.ua/go/37-2014-%D1%80> [in Ukrainian].
16. Ukrainian Scientific Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality. (2022). DSTU EN IEC 31010:2022. Keruvannia ryzykamy — metody otsinky ryzykiv (EN IEC 31010:2019, IDT; IEC 31010:2019, IDT) [Risk management — risk assessment techniques (EN IEC 31010:2019, IDT; IEC 31010:2019, IDT)]. Kyiv: DP “UkrNDNC”. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100889 [in Ukrainian].
17. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2023). Pro zatverdzhennia Poriadku upravlinnia ryzykamy vynyknennia nadzvychainykh situatsii tekhnogennoho kharakteru ta pozhezh: Nakaz MVS Ukrainy vid 31 lypnia 2023 r. No. 627 [On approval of the Procedure for risk management of technogenic emergencies and fires: Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine No. 627 of July 31, 2023]. <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1397-23> [in Ukrainian].
18. Ukrainian Scientific Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality. (2018). DSTU ISO 31000:2018. Menedzhment ryzykiv. Pryntsypy ta nastanovy [Risk management. Principles and guidelines]. Kyiv: DP “UkrNDNC”. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80322 [in Ukrainian].
19. Copernicus Emergency Management Service. *Copernicus EMS*. <https://emergency.copernicus.eu/>.
20. European Environment Information and Observation Network. *European Environment Information and Observation Network*. <https://www.eionet.europa.eu/>.
21. EcoCity. *EcoCity*. <https://reborn.eco-city.org.ua/>.
22. WaterNet. *WaterNet*. <https://waternet.ua/water-map-fp>.
23. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. EkoZahroza [EcoThreat]. <https://ecozagroza.gov.ua/> [in Ukrainian].
24. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2012). DSTU ISO 5667-6:2009. Yakist vody. Vidbyrannia prob. Chastyna 6. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob z richok i strumkiv (ISO 5667-6:2005, IDT) [Water quality. Sampling. Part 6. Guidance on sampling of rivers and streams (ISO 5667-6:2005, IDT)]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511 [in Ukrainian].
25. Ukrainian Scientific Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality. (2025). DSTU EN ISO 5667-6:2025. Yakist vody. Vidbyrannia prob. Chastyna 6. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob iz richok i strumkiv (EN ISO 5667-6:2016, IDT; ISO 5667-6:2014, IDT) [Water quality. Sampling. Part 6. Guidance on sampling from rivers and streams (EN ISO 5667-6:2016, IDT; ISO 5667-6:2014, IDT)]. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=116543 [in Ukrainian].
26. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2004). DSTU ISO 10381-1:2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 1. Nastanovy shchodo skladannia prohram vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling. Part 1. Guidance on the design of sampling programmes]. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58984 [in Ukrainian].
27. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2004). DSTU 4287:2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling]. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=54569 [in Ukrainian].
28. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2007). DSTU 4770.9:2007. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk svyntsiu v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytyazhshi z pH 4.8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of mobile lead compounds in soil in buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. https://online.budstandart.com.ua/catalog/document.html?id_doc=58896 [in Ukrainian].
29. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2007). DSTU 4770.6:2007. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk midi v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytyazhshi z pH 4.8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of mobile copper compounds in soil in buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58930 [in Ukrainian].
30. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2007). DSTU 4770.2:2007. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk tsynku v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytyazhshi z pH 4.8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of mobile zinc compounds in soil in buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=58850 [in Ukrainian].
31. Ministry of Health of Ukraine. (2010). Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu: DSanPiN 2.2.4-171-10, zatverdzeni nakazom MOZ Ukrainy vid 12 travnia 2010 r. No. 400 [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption: State sanitary rules and norms 2.2.4-171-10 approved by Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 400 of May 12, 2010]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> [in Ukrainian].
32. Kharkiv Regional Center for Disease Control and Prevention. (2024). Pro rezultaty laboratornykh doslidzen vody z dzherel netsentralizovanoho vodopostachannia na terytorii Kharkivskoi oblasti za 3 misiatsi 2024 roku [On the results of laboratory studies of water from decentralized water supply sources in Kharkiv region for the first three months of 2024]. <https://kh.cdc.gov.ua/articles/pro-rezultaty-laboratorykh-doslidzen-vody-z-dzherel-netsentralizovanogo-vodopostachannya-na-terytoriyi-harkivskoyi-oblasti-za-3-misyatsi-2024-roku/> [in Ukrainian].
33. Bryhada, O. V., Rybalova, O. V., & Roskolotko, A. V. (2017). Otsinka ryzyku dlia zdorovia naseleння pry vzhyvanni pytnoi vody z dzherel m. Kharkova [Risk assessment for public health when consuming drinking water from sources in Kharkiv]. *Scientific Bulletin of Construction*, 4(90), 164–171. <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/article/view/801> [in Ukrainian].