

В. Я. Кобилянський¹, К. Б. Сорокіна², О. В. Кравченко^{3,4}

¹ТОВ «Науково-аналітичний центр якості води»

²Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

³Київський національний університет будівництва і архітектури

⁴ТОВ «Інститут комунальної інфраструктури»

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТЕНЦІЙНИХ ХІМІЧНИХ, БІОЛОГІЧНИХ, РАДІАЦІЙНИХ ТА ЯДЕРНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ВОДИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Створення системи ефективного реагування на потенційне забруднення водопровідної води хімічними, біологічними, радіаційними або ядерними загрозами умов воєнного стану – критично важлива задача для забезпечення безпеки населення в таких надзвичайних обставинах. Запровадження систем моніторингу та раннього виявлення забруднень води дозволить оперативно реагувати на будь-які зміни її якості. У статті визначений перелік потенційних забруднень води, виявлення яких може створювати різні загрози для безпеки питної води.

Ключові слова: безпека питної води, хімічне, біологічне, радіаційне та ядерне забруднення, моніторинг.

Постановка проблеми

Стандарти якості питної води встановлюють гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин на рівнях, що є безпечними для здоров'я населення. Методи дослідження якості питної води та періодичність їх проведення, які мають дотримувати водопостачальні підприємства, визначаються законодавчими нормативами. Головними гігієнічними вимогами до якості питної води є епідемічна і радіаційна безпека, позитивні органолептичні властивості, нетоксичні хімічні складові [1].

Основним нормативним документом, який регламентує вимоги до питної води в Україні, є ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я № 400 від 12.05.2010. Але з огляду на умови воєнного стану в даний час діють ДСанПіН «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру», затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я № 683 від 22.04.2022.

У поточній ситуації воєнного стану в Україні, коли агресор спрямовує зусилля на знищення критичної інфраструктури, в тому числі об'єктів централізованого водозабезпечення населення, особливу увагу необхідно звертати на оцінку загрози застосування хімічної, біологічної, радіаційної та ядерної зброї. Загрозі піддаються вододжерела,

споруди водопідготовки, водопровідні мережі та інші об'єкти водопровідно-каналізаційних підприємств, що може призвести до погіршення якості питної води, тимчасовому перериванню подачі води або взагалі її унеможливити.

З урахуванням невідкладності вирішення питання забезпечення питного водозабезпечення населення необхідно є розробка ефективної системи, яка дозволяє водоканалам своєчасно та адекватно реагувати на будь-яке забруднення води хімічними, біологічними, радіаційними та ядерними (далі – ХБРЯ) речовинами.

Для забезпечення ефективного реагування на потенційне забруднення водопровідної води ХБРЯ загрозами умов воєнного стану, важливо розглянути кілька ключових аспектів [2, 3]:

- функціонування системи моніторингу і раннього виявлення загроз, яка постійно контролюватиме якість води на вході в систему водопостачання та на всіх етапах її обробки. Це дозволить вчасно виявляти будь-які аномалії чи зміни в якості води, що можуть свідчити про потенційне забруднення;

- планування та підготовка – важливо мати ретельно розроблений план дій у випадку забруднення води, який включатиме процедури реагування, персонал, обладнання та матеріали, необхідні для нейтралізації різних типів забруднень;

- обладнання та технології – необхідним є вдосконалення системи очищення та дезінфекції води для забезпечення її ефективності проти різних видів забруднень що може включати використання

спеціалізованих фільтрів, хемосорбентів, ультрафільтраційних та зворотньоосмотичних систем;

- тренування та свідомість персоналу, який має бути навчений використовувати обладнання для виявлення та нейтралізації забруднень, а також мати розроблений план дій у випадку екстрених ситуацій;

- співпраця з владою та іншими організаціями – важливо мати плани співпраці з місцевою владою, медичними установами та іншими відповідними організаціями для координації дій та надання необхідної допомоги населенню в разі забруднення питної води;

- комунікація з громадськістю для забезпечення ефективної системи інформування населення про будь-які ризики для їхнього здоров'я, пов'язані з якістю питної води, а також про заходи, які приймаються для їх захисту.

Всі ці заходи мають на меті забезпечити ефективне реагування на будь-які загрози з боку ХБРЯ забруднення води та безпеку і якість питної води для населення в умовах воєнного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наслідки повномасштабної військової агресії, пов'язані з руйнуванням водопровідно-каналізаційної інфраструктури, включають [4 – 7]:

- пошкодження водопроводів та інших інфраструктурних елементів, що може призвести до перерв у водопостачанні або навіть повної відсутності води для населення;

- забруднення води, що створює ризик для здоров'я населення через можливе поширення хвороб, передачу бактерій та інших шкідливих речовин у воді;

- гігієнічні проблеми, що може призвести до накопичення відходів та забруднень на вулицях і у водоймах та створює серйозні проблеми для населення;

- економічні втрати як для місцевого населення, так і для держави в цілому. Відновлення інфраструктури потребує значних фінансових та людських ресурсів;

- соціальні наслідки – відсутність доступу до чистої води та належних санітарних умов може значно погіршити якість життя населення і призвести до загострення соціальних проблем.

Застосування комплексної оцінки ризику ХБРЯ забруднення води та схем управління ризиками є ключовими елементами для забезпечення безпеки питного водопостачання та споживачів води, збереження їх здоров'я [8, 9]. Цей підхід передбачає постійну оцінку ризиків впродовж всього ланцюжка постачання питної води – від водозбору та джерела води до споживача, а також визначення заходів, за допомогою яких можна усунути ці ризики,

включаючи методи забезпечення ефективності заходів контролю (бар'єрних або захисних заходів, що перешкоджають забрудненню) [10]. До бар'єрних заходів можна віднести методи та технології, спрямовані на запобігання або зниження ризику забруднення води. Це можуть бути фізичні бар'єри, хімічні процеси очищення, технічні покращення системи постачання води та інші методи, які допомагають захистити воду від забруднень на різних етапах [11].

В умовах обмеженого водозабезпечення зростає роль мобільних станцій для очищення води у надзвичайних ситуаціях, і навіть пропонується використання портативних систем очищення води, розроблених для усунення труднощів доступу до чистої та безпечної води [12].

Ефективні заходи контролю включають методи моніторингу і контролю якості води на всіх етапах її переміщення від джерела до споживача. Це може включати регулярне тестування води щодо наявності небезпечних речовин, підтримання відповідних рівнів хлорування та інші заходи контролю якості води.

Оцінку безпеки та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитарні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні), а також радіаційними показниками [1]. Крім того, для питного водопостачання та економічної ефективності виробництв важливим є як моніторинг якості води у природних джерелах, так і загального стану природного середовища за санітарно-хімічними та радіологічними показниками [13, 14].

Серед сучасних засобів ведення війни особливе місце займає зброя масового ураження (знищення) (далі – ЗМЗ), до якої відносять ядерну, хімічну, бактеріологічну (біологічну) зброю [15].

Окрім безпосередньо вражаючої дії ЗМЗ, мають значення фізико-географічні особливості України, наявність промислових підприємств, надвисока їх концентрація в окремих регіонах, існування великих промислових комплексів, більшість яких потенційно небезпечні, розвинута мережа транспортних комунікацій, а також нафто-, газопроводів, велика кількість енергетичних об'єктів, використання у виробництві в значних кількостях потенційно небезпечних речовин – все це збільшує вірогідність ХБРЯ забруднення джерел води та систем питного водопостачання.

Згідно з тривалістю збереження вражаючої здатності, ЗМЗ можна розділити на дві групи [15]:

- стійкі ЗМЗ – ці засоби зберігають свою вражаючу дію від декількох годин і доби до декількох тижнів після їхнього застосування. Це означає, що після застосування стійких ЗМЗ їх вплив може продовжуватися протягом тривалого періоду,

що може становити серйозну загрозу для людей і навколишнього середовища;

- нестійкі ЗМЗ – вражаюча дія цих засобів зберігається кілька десятків хвилин після їхнього застосування. Це означає, що їхня ефективність обмежується коротким часовим періодом, після чого вони втрачають свою вражаючу здатність і стають менш небезпечними для оточуючих.

Дані про наявність та особливості патогенів та хімічних речовин в джерелі води та у питній воді в сукупності з інформацією про ефективність існуючих заходів контролю дозволяють оцінити вірогідність ХБРЯ забруднення води та досягнення цільових показників, встановлених виходячи з вимог безпеки за існуючої інфраструктури. Також можливо визначити заходи щодо управління водозабором, процесами очищення та умовами експлуатації водорозподільних систем.

Відразу після виявлення потенційних небезпечних факторів ХБРЯ забруднення води та їх джерел необхідно зіставити ризики, пов'язані з кожним небезпечним фактором чи подією, щоб можна було визначити та документувати пріоритети в управлінні ризиком. Незважаючи на чисельність забруднюючих компонентів, здатних поставити під загрозу якість питної води, не всім небезпечним факторам чи явищам необхідно буде приділяти однаково пильну увагу.

У зв'язку з цим, важливим завданням є визначення переліку основних потенційних ХБРЯ забруднень води, виявлення яких є першорядним для забезпечення питного водопостачання.

Мета статті

Метою статті є визначення переліку потенційних хімічних, біологічних, радіаційних та ядерних забруднень води, ідентифікація та моніторинг наявності яких є необхідними з точки зору можливої загрози для безпеки питної води в умовах воєнного стану та розробки стратегії їх запобігання і управління безпекою систем питного водопостачання.

Виклад основного матеріалу

Під час розробки стратегії оцінки ризиків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ХБРЯ забрудненням води, необхідно враховувати їх потенційно смертельні наслідки для населення. Хімічне забруднення води може призвести до отруєння людей, біологічне зараження може спричинити епідемію, а радіоактивне чи ядерне забруднення може стати причиною радіаційного ураження та інших важких наслідків для здоров'я людини.

Один з етапів Плану реагування на ХБРЯ забруднення води передбачає моніторинг

забруднення води в місцях його потенційного потрапляння до системи питного водопостачання. Цей моніторинг має базуватися на загальнодержавній системі лабораторного контролю якості води. Роль і завдання водоканалів у цій системі мусять відповідати їх реальним технічним можливостям. Це означає, що водоканали мають бути забезпечені достатньою кількістю лабораторій, обладнання, кваліфікованим персоналом для проведення досліджень води на наявність ХБРЯ забруднень.

Як вихідні умови та обмеження для розробки оперативної системи визначення ХБРЯ забруднень води враховуємо таке:

1. У відомчих лабораторіях водоканалів робота зі ЗМЗ на основі ХБРЯ неможлива, оскільки це призведе до появи в лабораторіях значної кількості елементів ЗМЗ у формі стандартних зразків отруйних речовин, еталонних штамів патогенних мікроорганізмів, калібрувальних джерел іонізуючого випромінювання, які необхідні для метрологічного супроводу процесу вимірювання.

2. Перелік небезпечних для людини отруйних хімічних речовин, які під час потрапляння у воду здатні вивести з ладу систему водопостачання, є настільки великим, що неможливо організувати всеохоплюючий лабораторний моніторинг на базі одного водоканалу.

3. Для роботи з найбільш небезпечними мікроорганізмами I-II груп патогенності в Україні необхідно дотримуватися вимог ДСП № 9.9.5.035-99 «Безпека роботи з мікроорганізмами I-II груп безпеки». Лабораторіям водоканалів повністю виконати ці вимоги практично неможливо, тому вони не мають права працювати з біологічним складником ЗМЗ.

4. Радіологічний контроль якості води після аварії на Чорнобильській АЕС у водоканалах в основному відповідає відомим ядерним загрозам.

5. ХБРЯ забруднення води може здійснюватися як в результаті прямого застосування ворогом ЗМЗ, так і через зруйновані у ході бойових дій промислові, аграрні та приватні об'єкти, на яких були сконцентровані елементи ХБРЯ.

Перелік потенційних ХБРЯ забруднень води формувався на основі базової Настанови American Water Works Association M3 «Управління безпекою підприємств водопостачання» [16] та двох звітів міжнародних організацій стосовно руйнування Каховської дамби – звіт OXFAM «Hydrogeological Remote Desk Study - Kakhovka Reservoir Area – Ukraine» [17] та звіт UK Centre for Ecology & Hydrology (UKCEH) and HR Wallingford (HRW) «A rapid assessment of the immediate environmental impacts of the destruction of the Nova Kakhovka Dam, Ukraine» [18].

Перелік потенційних хімічних засобів воєнного застосування ЗМЗ, наведений в табл. 1 з посиланням на [16].

Таблиця 1

Хімічні засоби воєнного характеру (ЗМЗ)

Назва	Дія	Вірогідність загрози	Можливі способи очищення
1	2	3	4
Нервово-паралітичні речовини			
GA (Табун)	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Смертельна	Маловірогідно	Нервово-паралітичні речовини гідролізуються у воді до нетоксичних складників. Період напіврозпаду при нормальному рівні залишкового хлору становить 9 год. Підвищити рівень залишкового хлору
GB (Зарин)	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Смертельна	Маловірогідно	Нервово-паралітичні речовини гідролізуються у воді до нетоксичних складників. Період напіврозпаду при нормальному рівні залишкового хлору становить 15-600 год. Підвищити рівень залишкового хлору
GD (Зоман)	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Смертельна	Маловірогідно	Нервово-паралітичні речовини гідролізуються у воді до нетоксичних складників. Період напіврозпаду при нормальному рівні залишкового хлору становить 40-80 год. Підвищити рівень залишкового хлору
VX	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Смертельна	Маловірогідно	Нервово-паралітичні речовини гідролізуються у воді до нетоксичних складників. Період напіврозпаду при нормальному рівні залишкового хлору становить 1 000 год. Підвищити рівень залишкового хлору
Шкірно-наривні			
Очищена гірчиця (HD)	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Може бути смертельною	Маловірогідно	Часткове окиснення може призвести до утворення токсичних побічних продуктів; подальше окиснення здатне привести до утворення нетоксичних сполук
Іприт (H)	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Може бути смертельною	Маловірогідно	Часткове окиснення може призвести до утворення токсичних побічних продуктів; подальше окиснення здатне привести до утворення нетоксичних сполук
Люїзіт	Всмоктування, вдихання, очі, шкірний покрив. Може бути смертельною	Маловірогідно	Звичайні засоби дезінфекції здатні окиснити до порівняно нетоксичних побічних продуктів
Інші хімічні речовини			
Арсин	Вдихання. Може бути смертельною	Маловірогідно	Невідомо
Ціанід	Всмоктування, вдихання, шкірний покрив. Може бути смертельною	Маловірогідно	Хлор окиснює ціанід до ціаноген хлориду (CNCl), який також є токсичним. При pH < 8,5 CNCl зберігається; при pH > 8,5 продовжується перехід в ціанати і нетоксичні побічні продукти.

1	2	3	4
			Точних даних про токсичність і стійкість CNCI в обробленій воді немає
Біологічні токсини			
Афлатоксин	Всмоктування	Можливо	Невідомо. Була гіпотеза, що афлатоксини стійкі до дії хлору при звичайних залишкових концентраціях
Анатоксин	Всмоктування	Можливо	Невідомо. При нормальних умовах хлор не діє
Ботулінічний токсин	Всмоктування. Смертельна	Можливо	> 99,7 % інактивація вільним хлором при концентрації 3 мг/л протягом 20 хв. Хлораміни неефективні
Мікроцистин	Всмоктування	Можливо	Хлор не діє. Хлораміни – невідомо. Зворотний осмос вилучає до 90 %
Рицин	Всмоктування	Можливо	Хлор не діє. Хлораміни – невідомо. Зворотний осмос вилучає до 90 %
Сакситоксин	Всмоктування	Можливо	Хлор не діє. Хлораміни – невідомо. Зворотний осмос вилучає до 90 %
Staphylocoag Enterotoxin B	Всмоктування	Можливо	Невідомо. Активоване вугілля може бути ефективним
Tricothecene mycotoxins (T-2)	Всмоктування	Можливо	Невідомо. Активоване вугілля може бути ефективним
Tetrodotoxin	Всмоктування	Можливо	Невідомо

Для визначення переліку контрольованих хімічних речовин необхідно враховувати такі фактори, як ступінь тяжкості наслідків для здоров'я людини та частота впливу на населення у поєднанні з рівнями концентрації, дії яких населення піддається. Очевидно, що ймовірність наслідків для

здоров'я залежить від ступеня токсичності та рівня концентрації, проте вона також залежить від тривалості впливу.

Найбільш розповсюджені токсичні сполуки, що можуть перебувати у воді, які не пов'язані зі ЗМЗ, наведені в табл. 2 з посиланням на [18].

Таблиця 2

Токсичні сполуки, що становлять потенційну загрозу якості води, та їх екологічна стійкість

Забруднювач	Небезпека прямої токсичності / наслідків	Небезпека біоаккумуляції	Екологічна стійкість
1	2	3	4
Кадмій	Висока	Висока	Довга
Свинець	Середня	Середня	Довга
Меркурій	Висока	Висока	Довга
Арсен	Середня	Середня	Довга
Інші метали	Середня	Низька	Довга
Радіонукліди	Висока	Середня	Довга
Мазути	Висока	Низька	Коротка
Мастила	Середня	Низька	Середня
Вуглеводні вугілля	Низька	Низька	Довга
ПАУ	Середня	Середня	Середня
СОЗ (ПХБ, ПБДЕ, діоксини, ПФАС)	Середня	Висока	Довга
Добрива	Низька	Низька	Довгі
Пестициди та біоциди	Висока	Середня	Коротка

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Фармпрепарати	Висока	Середня	Коротка
Поверхнево-активні речовини / засоби особистої гігієни	Середня	Середня	Середня
Розчинники	Висока	Низька	Коротка
Промислові хімікати (включаючи пластифікатори)	Середня	Середня	Середня
Пластик	Низька	Низька	Довга
Азбест	Низька	Низька	Довга
Вибухові речовини	Висока	Низька	Середня
Біологічні відходи та стічні води	Середня	Низька	Середня
Патогени	Висока	Низька	Довга

Встановлення цільових показників Перелік потенційних біологічних засобів потенційного біологічного забруднення води воєнного характеру, які можуть потрапити у воду під визначається ймовірністю його появи і час застосування ЗМЗ, наведено в табл. 3 з концентрацією у джерелі води та відносним внеском посиленням на [16]. водних організмів у виникнення захворювань.

Таблиця 3

Біологічні засоби воєнного характеру (ЗМЗ)

Назва	Дія	Вірогідність загрози	Можливі способи очищення
1	2	3	4
<i>Bacillus anthracis</i> (сибірська виразка)	Всмоктування, вдихання, через шкірний покрив	Можливо	Вегетативні клітини інактивуються 5 мг/л вільного хлору протягом 20 хв. Спори витримують дію хлору і хлорамінів. Зворотний осмос, ультрафільтрація або ультрафіолетова дезінфекція можуть виявитися ефективними
<i>Brucella melintensis</i> и <i>B. suis</i> (бруцельоз)	Всмоктування через порізи шкірного покриву	Можливо	Інактивується 1 %-им гіпохлоритом натрію. Інші засоби дезінфекції невідомі
<i>Burkholderia mallei</i> (cap)	Вдихання, всмоктування	Можливо	Невідомо. Можливо інактивується 1 %-им розчином гіпохлориту натрію
<i>Chlamydia psittaci</i> (пситтакоз)	Вдихання	Мало-вірогідно	Невідомо. Можливо, інактивується 1%-им розчином гіпохлориту натрію
<i>Cryptosporidium parvum</i> (криптоспоридіоз)	Всмоктування	Можливо	Ооцисти стійкі до дезінфекції продуктами на основі хлору
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Всмоктування	Можливо	Легко інактивується звичайними засобами дезінфекції
<i>Francisella tularensis</i> (туляремія)	Вдихання	Мало-вірогідно	Легко інактивується звичайними засобами дезінфекції
<i>Salmonella typhimurium</i> and <i>S. typhi</i> (харчове отруєння)	Всмоктування	Можливо	Легко інактивується звичайними засобами дезінфекції
<i>Shigella dysenteriae</i> (шигелльоз)	Всмоктування	Можливо	Інактивується 0,05 мг/л вільного хлору протягом 10 хв

1	2	3	4
Yersinia pestis (чума)	Всмоктування, вдихання	Можливо	Інактивується 1 %-им розчином гіпохлориту натрію. Про можливість інактивування звичайним залишковим хлором і хлорамінами невідомо
Variola major (вітрянка)	Всмоктування, вдихання	Можливо	Інактивується 1 %-им розчином гіпохлориту натрію. Про можливість інактивування звичайним залишковим хлором і хлорамінами невідомо
Vibrio cholerae (холера)	Всмоктування	Можливо	Легко інактивується звичайними засобами дезінфекції
Інші віруси (геморагічний, Норуолк, Ебола, ротавіруси)	Всмоктування	Невідомо	Невідомо. Можливі дози інактивації 1 %-им розчином гіпохлориту натрію

Стосовно радіаційного та ядерного забруднення, на Запорізькій АЕС є шість реакторів ВВЕР-1000, сховище свіжого палива та велике сховище сухого відпрацьованого палива [18, 19].

Сховище свіжого палива, ймовірно, містить ізотопи ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn , ^{124}Sb , ^{122}Sb , ^{110}Ag , а в сховищі високоактивних сухих відходів, ймовірно, є суміш альфа-, бета- та гамма-випромінюючих радіонуклідів.

За нашими оцінками до вказаного переліку необхідно додати також довготривалі радіоізотопи ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , які реєструвалися у викидах під час аварії на Чорнобильській АЕС.

У випадку ядерного вибуху в першу чергу необхідно враховувати забруднення територій і водних джерел такими довготривалими радіоізотопами, як ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Висновки

Виявлення основних хімічних, біологічних, радіоактивних та ядерних забруднень у воді є ключовим завданням для забезпечення питного водопостачання.

Основними критеріями для визначення пріоритетних забруднень води є такі:

- оцінка потенційного впливу забруднюючої речовини на здоров'я людини та навколишнє середовище;
- ступінь вірогідності виникнення забруднення;
- оцінка кількості людей, які можуть бути під загрозою через забруднення води цією речовиною;
- поширеність джерела забруднення;
- можливість запобігання або управління ризиками.

З врахуванням цих критеріїв можна визначити основні потенційні забруднення води, які

потребують найбільшої уваги та пріоритетного контролю для забезпечення питного водопостачання.

Література

1. Корінько І. В. Контроль якості води / І. В. Корінько, В. Я. Кобилянський, Ю. О. Панасенко ; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х. : ХНАМГ, 2013. 287 с.
2. Кобилянський В. Я. Плани забезпечення водопостачання та війна / В. Я. Кобилянський // Водопостачання та водовідведення. Спеціальний випуск. 2024. С. 50-58. URL: <https://ukrvodokanal.in.ua/wp-content/uploads/2024/02/spetsvypusk-zhurnalu-za-lyutyj-2024-roku-1.pdf> (дата звернення 05.03.2024).
3. Bartram J., Corrales L., Davison A. etc. Water safety plan manual : step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva : World Health Organization, 2009. P. 102.
4. Строкаль В. П., Шевчук С. А. Запобігання та підтримання території : ризики для водної та продовольчої безпеки регіонального рівня / В. П. Строкаль, С. А. Шевчук // Екологічні науки. 2023. № 4(49). С. 159-170. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.21>.
5. Stokal V., Kurovska A., Stokal M. More river pollution from untreated urban waste due to the Russian-Ukrainian war: a perspective view / V. Stokal, A. Kurovska, M. Stokal // Journal of Integrative Environmental Sciences. 2023. Vol. 20, No. 1. P. 1-11. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2023.2281920>.
6. Mark W. L., Kwok-Keung A. Water Treatment and Pathogen Control. Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water. World Health Organization (WHO), 2004. P. 112. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9241562552>. (дата звернення 05.03.2024).
7. Marques R. C., da Cruz N. F., Pires J. Measuring the sustainability of urban water services / R. C. Marques, N. F. Cruz, J. Pires // Environmental Science & Policy. 2015. Volume 54. P. 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.003>.
8. Huang J., Bixler T., & Mo W. Building resilience for an uncertain drinking water future. AWWA Water Science, e1362, 2023. <https://doi.org/10.1002/aws2.1362>
9. Chu-Ketterer L.-J., Platten W.E., III Bolenbaugh S. and Haxton T. Resilience Analysis and Emergency Response Evaluation for Drinking Water Systems // JAWWA. 2023. 115. C. 32-42. <https://doi.org/10.1002/awwa.2107>

10. Pamidimukkala A., Kermanshachi S., Adepu N., Safapour E. Resilience in Water Infrastructures : A Review of Challenges and Adoption Strategies / A. Pamidimukkala, S. Kermanshachi, N. Adepu, E. Safapour // *Sustainability*. 2021. 13(23):12986. P. 1-15. <https://doi.org/10.3390/su132312986>.

11. Hoslett, J. et al. Surface water filtration using granular media and membranes : A review. / J. Hoslett et al // *Sci. Total Environ.* 2018. vol. 639. P. 1268-82. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.247>.

12. Effendi, M. S. M., Azmi, Badrul & Saad, Mohd sazli & Abd. Rahim, Shayfull Zamree & Mat Saad, Mohd Nasir. Portable water purification system // *Final report of the flood disaster assessment trial*. 2017. P. 35-39. DOI: 10.13140/RG.2.2.16543.36008.

13. Kasimov A., Stalinska I., & Sorokina K. Assessment of the pollution degree of the Dnepr river and development of measures for its decrease / A. Kasimov, I. Stalinska, K. Sorokina // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 3(10(87)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101388>.

14. Okeyo A., Coetzee M. & Momba M.N.B. Use of coliphages to evaluate water treatment processes and determine faecal contamination origin of source waters / A. Okeyo, M. Coetzee, M.N.B. Momba // *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2013. 10. P. 1225-1234. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0289-x>.

15. Tishler N. A. C, B, R, or N: The Influence of Related Industry on Terrorists' Choice in Unconventional Weapons / N. A. Tishler // *Canadian Graduate Journal of Sociology and Criminology*. 2013. 2(2), 201. <https://doi.org/10.15353/cgjsc-rcssc.v2i2.61>.

16. Milligan F. *Safety Management for Utilities : Manual of Water Supply Practices – M3, Eighth Edition*. American Water Works Association, 2022. P. 165. <https://doi.org/10.12999/AWWA.M3ed8>.

17. Oxfam International : *Rising waters, rising needs: local organizations at the forefront of the response to the Ukraine's dam explosion*. URL: <https://www.oxfam.org/en/blogs/rising-waters-rising-needs-local-organizations-forefront-response-ukraines-dam-explosion> (дата звернення 05.03.2024).

18. United Nations Environment Programme. *Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach Ukraine*. 2023. URL: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43696> (дата звернення 05.03.2024).

19. Таран О. В., Сандул, О. Г., Рогатюк І. В., Боднар В. Є. *Захист АЕС за міжнародним гуманітарним правом. Міжнародний збройний конфлікт в Україні. Nuclear and Radiation Safety*. 2022. (4(96)). С. 39-44. [https://doi.org/10.32918/nrs.2022.4\(96\).05](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.4(96).05).

References

1. Korinko, I., Kobylianskiy, V. & Panasenko Y. (2013) *Water quality control*. Kharkiv : KNAME.

2. Kobylianskiy, V. (2024) Water supply security plans and the war. *Water supply and sewerage, Special issue*, 50-58. URL: <https://ukrvodokanal.in.ua/wp-content/uploads/2024/02/spetsvyпуск-zhurnaluzalyutyj-2024-roku-1.pdf>.

3. Bartram J., Corrales L., Davison A. etc. (2009) *Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. Geneva : World Health Organization.

4. Stokal, V. & Shevchuk, S. (2023) Flooding of territories: risks for water and food security at the regional level. *Екологічні науки*, № 4(49), 159-170. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.21>.

5. Stokal, V., Kurovska, A. & Stokal, M. (2023) More river pollution from untreated urban waste due to the Russian-Ukrainian war: a perspective view. *Journal of Integrative*

Environmental Sciences, Vol. 20, No. 1, 1-11. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2023.2281920>.

6. Mark, W. L. & Kwok-Keung, A. (2004) *Water Treatment and Pathogen Control. Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water*. World Health Organization (WHO). URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9241562552>.

7. Marques, R. C., da Cruz, N. F., & Pires, J. (2015). Measuring the sustainability of urban water services. *Environ. Sci. Policy*, 54, 142–151. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.003>.

8. Huang, J., Bixler, T., & Mo, W. (2023). Building resilience for an uncertain drinking water future. *AWWA Water Sci.*, 5(6), e1362. <https://doi.org/10.1002/aws2.1362>.

9. Chu-Ketterer, L.-J., Platten, W. E., Bolenbaugh, S., & Haxton, T. (2023). Resilience Analysis and Emergency Response Evaluation for Drinking Water Systems. *J. AWWA*, 115(5), 32–42. <https://doi.org/10.1002/awwa.2107>.

10. Pamidimukkala, A., Kermanshachi, S., Adepu, N., & Safapour, E. (2021). Resilience in Water Infrastructures : A Review of Challenges and Adoption Strategies. *Sustainability*, 13(23), 12986. <https://doi.org/10.3390/su132312986>.

11. Hoslett, J., Massara, T. M., Malamis, S., Ahmad, D., van den Boogaert, I., Katsou, E., ...Jouhara, H. (2018). Surface water filtration using granular media and membranes: A review. *Sci. Total Environ.*, 639, 1268–1282. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.247>.

12. Effendi, M. S. M., Azmi, Badrul & Saad, Mohd sazli & Abd. Rahim, Shayfull Zamree & Mat Saad, Mohd Nasir (2017). Portable water purification system. *Final report of the flood disaster assessment trial*, 35-39. DOI: 10.13140/RG.2.2.16543.36008.

13. Kasimov, A., Stalinska, I., & Sorokina, K. (2017). Assessment of the pollution degree of the Dnepr river and development of measures for its decrease. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(10 (87)), 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101388>.

14. Okeyo, A., Coetzee, M., & Momba, M. N. B. (2013). Use of coliphages to evaluate water treatment processes and determine faecal contamination origin of source waters. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 10(6), 1225–1234. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0289-x>.

15. Tishler, N. A. (2013). C, B, R, or N: The Influence of Related Industry on Terrorists' Choice in Unconventional Weapons. *Canadian Graduate Journal of Sociology and Criminology*, 2(2), 201. <https://doi.org/10.15353/cgjsc-rcssc.v2i2.61>.

16. Milligan F. (2022) *Safety Management for Utilities : Manual of Water Supply Practices M3, Eighth Edition*. 12999/AWWA.M3ed8.

17. Oxfam International : *Rising waters, rising needs: local organizations at the forefront of the response to the Ukraine's dam explosion*. URL: <https://www.oxfam.org/en/blogs/rising-waters-rising-needs-local-organizations-forefront-response-ukraines-dam-explosion>.

18. United Nations Environment Programme (2023). *Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach Ukraine* <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43696>.

19. Taran, O., Sandul, O., Rogatiuk, I., & Bodnar, V. (2022). Protection of Nuclear Power Plants under International Humanitarian Law. *International armed conflict in Ukraine. Nuclear and radiation safety*, (4(96)), 39–44. [https://doi.org/10.32918/nrs.2022.4\(96\).05](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.4(96).05)

Автор: КОБИЛЯНСЬКИЙ Володимир Ярославович
кандидат технічних наук
ТОВ «Науково-аналітичний центр якості води»
Volodymyr KOBYLIANSKYI
PhD (Tech.)
Scientific and Analytical Center for Water Quality

E-mail – vodocentr@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6279-2136>

Автор: СОРОКІНА Катерина Борисовна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Kateryna SOROKINA

PhD (Tech.), Docent, Associate Professor at the Department of Water and Wastewater Engineering

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

E-mail – kbsorokina@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9086-6961>

Автор: КРАВЧЕНКО Олександр Валерійович

доктор технічних наук, професор, професор кафедри водопостачання та водовідведення

Київський національний університет будівництва і архітектури

Oleksandr KRAVCHENKO

Dr. Sc. (Tech.), professor, Professor at the Department of Water Supply and Sewerage

Kyiv National University of Construction and Architecture

E-mail – akravchenko@iki.org.ua

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6289-0641>

CHARACTERIZATION OF POTENTIAL CHEMICAL, BIOLOGICAL, RADIATION AND NUCLEAR CONTAMINATION OF WATER UNDER MARTIAL LAW

V. Kobylanskyi ¹, K. Sorokina ², O. Kravchenko ^{3,4}

¹ Scientific and Analytical Center for Water Quality

² O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

³ Kyiv National University of Construction and Architecture

⁴ Institute of Public infrastructure

Drinking water quality requirements regulate the maximum permissible concentrations of various contaminants to ensure public safety. Methods for testing the quality of drinking water and the frequency of their implementation are determined by the legislative standards governing the activities of water supply companies. The main hygienic requirements for drinking water quality include epidemic and radiation safety, positive organoleptic properties and non-toxic chemical components.

In times of military aggression and conflict, there is a serious threat of water pollution. Military operations can lead to damage and destruction of water infrastructure, such as water supply systems, water treatment plants and other facilities. This may result in the penetration of contaminants, including bacteria, chemicals and other harmful substances, into drinking water sources. Such water contamination can pose a serious risk to public health through the possible spread of disease, transmission of infections and other water-related illnesses. Most chemicals pose problems only when exposed over a long period of time; however, some harmful chemicals that enter drinking water are of concern due to their effects over a short period of time.

A system of monitoring and early detection of threats is an important element for effective response to potential water contamination under martial law. This system should continuously monitor the quality of water at all stages of its processing, from its entry into the water supply system to its distribution. Any anomalies or changes in water quality may indicate potential contamination, and the monitoring system should alert the relevant services and authorities to take the necessary measures.

Identifying potential chemical, biological, radiation and nuclear water contaminants for priority control is critical for the organization and reliable functioning of the monitoring system and early detection of threats in wartime. The task of improving and upgrading drinking water supply systems that pose the greatest risk to public health should be considered a priority.

Once potential threats are identified, the monitoring system can respond in a timely manner, preventing contamination of drinking water and ensuring the safety of water supply systems.

Keywords: *drinking water, chemical, biological, radiation and nuclear pollution, monitoring, safety plan.*