

УДК 614.777:613.31:546.134:628.16:616-036.3:061.1
DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.10>

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ: СУЧАСНІ АСПЕКТИ І ВИКЛИКИ

Шестопапов О.В.¹, Сакун А.О.¹, Лізантан П.С.¹, Кануннікова Н.О.¹,
Гайдучек О.Г.², Томашевський Р.С.¹, Воробйов Б.В.¹

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, 61000, м. Харків

² Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, м. Харків

Oleksii.Shestopalov@khpi.edu.ua, Antonina.Sakun@khpi.edu.ua, polina.lizantan@mit.khpi.edu.ua,
nadiia.kanunnikova@khpi.edu.ua, roman.tomashevskiyi@khpi.edu.ua,
bohdan.vorobiov@khpi.edu.ua, oleksandr.haiduchok@kname.edu.ua

У статті розглянуто основні методи аналізу питної води на показники їх якості. В сучасних екологічних умовах доступність чистої питної води стає однією з важливих проблем для людства. Необхідність контролю показників якості води є актуальною та важливою задачею. Вода є важливим компонентом життя людини. Її якість напряму впливає на здоров'я людини, а отже, і на всі сфери людського життя. Однак, в зв'язку з військовими діями та з розвитком промисловості та технологій, з'явилась проблема якості води. Аналіз якості питної води передбачає визначення її складу та хімічному та фізичному етапах. Особлива увага приділяється шкідливим домішкам, серед яких: бактерії та мікроорганізми, іони важких металів, солі, хлор, інші хімічні сполуки та елементи, домішки механічного характеру. Деякі забруднювачі можуть потрапляти в водойми в результаті зливу промислових відходів. Якщо вода забруднена, то вона шкідлива не лише для здоров'я, але і для життя людини. Тому, цілком очевидна потреба людини в чистій, прозорій, без неприємного запаху та смаку воді.

Людина, яка збирається вжити воду, не завжди може визначити різні органічні або неорганічні домішки у ній. Саме для цього і розроблено безліч методів, за допомогою яких точно і швидко можна визначити концентрацію сполук, що шкодять здоров'ю людини

Питання якості води вирішується на державному та світовому рівнях. В нашій країні законодавча база має нормативні документи, в яких регламентується показники якості води. Ці нормативні документи є обов'язковими.

В роботі проведено порівняльний аналіз нормативів якості води України та інших країн, результати якого свідчать про близьке значення показників якості. У той же час особливу увагу слід звернути на дотримання нормативних показників води, особливо за мікробіологічними показниками через особливу небезпеку для здоров'я людини. *Ключові слова:* якість поверхневих вод, водні ресурси, довкілля, водопідготовка.

Analysis of water quality indicators: contemporary aspects and challenges. Shestopalov O., Sakun A., Lizantan P., Kanunnikova N., Gaiduchek O., Tomashevsky R., Vorobyov B.

The article discusses the main methods of drinking water analysis for their quality indicators. In modern environmental conditions, the availability of clean drinking water is becoming one of the most important problems for humanity. The need to control water quality indicators is an urgent and important task. Water is an important component of human life. Its quality directly affects human health, and therefore, all areas of human life. However, in connection with military operations and the development of industry and technology, the problem of water quality appeared. Analysis of the quality of drinking water involves determining its composition and chemical and physical stages. Special attention is paid to harmful impurities, including: bacteria and microorganisms, heavy metal ions, salts, chlorine, other chemical compounds and elements, mechanical impurities. Some pollutants can enter water bodies as a result of the discharge of industrial waste. If the water is polluted, it is harmful not only for health, but also for human life. Therefore, the human need for clean, transparent, odorless and tasteless water is quite obvious.

A person who is going to drink water cannot always identify various organic or inorganic impurities in it. It is precisely for this that many methods have been developed, with the help of which it is possible to accurately and quickly determine the concentration of compounds harmful to human health

The issue of water quality is resolved at the national and international levels. In our country, the legislative base has regulatory documents that regulate water quality indicators. These regulatory documents are mandatory.

In the work, a comparative analysis of water quality standards of Ukraine and other countries was carried out, the results of which indicate the close value of quality indicators. At the same time, special attention should be paid to compliance with water standards, especially for microbiological indicators due to the particular danger to human health. *Key words:* surface water quality, water resources, environment, water treatment.

Постановка проблеми. Забезпечення доступу до чистої води є однією з основних глобальних проблем, оскільки вода є життєво важливим ресурсом для всього живого на планеті. Забруднення природних джерел води різноманітними хімічними, біологічними та фізичними забруднювачами, такими як

бактерії, віруси, токсини, важкі метали тощо, ставить під загрозу здоров'я людей, екосистеми та сільське господарство.

Україна в основному користується поверхневими водними джерелами для забезпечення питною водою, що становить майже 80% загального обсягу.

Однак, більшість басейнів річок класифікуються як забруднені та дуже забруднені згідно з гігієнічними стандартами. І хоча існують очисні споруди, що працюють на цих водоймах, технології очищення і дезінфекції води залишаються недостатніми для забезпечення води з безпечними стандартами якості [1].

Головними причинами забруднювання водних об'єктів є нестабільна і неефективна робота очисних споруд (із застосуванням традиційного хлорування) і відсутність у них бар'єрної функції для мікроорганізмів.

Останнім часом дедалі більше уваги приділяється розробці та впровадженню ефективних технологій знезараження води з природних джерел. До таких технологій належать ультрафіолетове випромінювання, озонування, кавітація, імпульсне знезараження та використання наноматеріалів [2].

Окрім цього, розробляються та вдосконалюються фільтраційні системи з використанням різних сорбентів та мембран, а також вивчаються нові методи хімічного очищення, які могли б стати ефективними та безпечними для використання в промисловості та маленьких господарствах.

Усі ці напрямки досліджень та технологічних розробок спрямовані на забезпечення людства доступом до безпечної та чистої води, а отже, вони мають велике соціальне та екологічне значення і є актуальними у сучасному світі.

Аналіз ситуації з якістю водопостачання населення дозволяє розцінювати епідеміолого-гігієнічний стан питних вод як несприятливий, а розробку ефективних засобів для знезараження води як завдання актуальне і значиме.

Актуальність дослідження. Норми питної води є вкрай важливими для забезпечення здоров'я людей. Вони визначають безпечні рівні різних забруднювальних речовин, забезпечуючи запобігання захворюванням і підтримуючи загальний стан здоров'я. Дотримання нормативних показників якості води необхідно для забезпечення здоров'я людей. Саме тому, аналіз факторів, які впливають на показники якості води для водоспоживачів є актуальною науковою задачею.

Новизна. Виконано порівняльний аналіз показників якості води України та нормативів країн світу в контексті проблеми екологічної безпеки та військових дій. Проаналізовано фактори, які впливають на показники якості питної води на різних етапах водопідготовки.

Методологічне або загальнонаукове значення. У даній роботі використовувався порівняльно-аналітичний метод дослідження нормативів показників питної води та здійснено порівняльний аналіз вимог до значення показників в Україні та країнах ЄС. Акцентовано увагу на необхідності дотримання показників якості води для забезпечення екологічної безпеки та здоров'я населення.

Виклад основного матеріалу

Порівняльний аналіз показників якості питної води. Сучасна система контролю якості води в Україні базується на ретельному визначенні різних хімічних і мікробіологічних показників, порівнянні їх концентрації з нормативами. Окрім основного фізико-хімічного аналізу, який оцінює жорсткість, сухий залишок та інші компоненти, нові правила передбачають додаткові тестування для виявлення конкретних речовин у воді.

Основні принципи визначення якості питної води в Європі покладені на збереження екологічного балансу та підвищення ефективності використання прісної води, з урахуванням економічних аспектів [4]. Навіть у розвинених країнах виникає проблема деградації водних ресурсів через вплив людської діяльності.

У США, особливо в сільських районах, серйозно ставляться до проблеми забруднення води, вживаючи строгі заходи контролю та вдосконалюючи законодавство. Підприємства, що забруднюють водні джерела, підлягають суворим штрафам. Контроль за якістю питної води здійснюють кілька урядових і наукових організацій [5].

У Нідерландах якість питної води оцінюється за МНР (максимально допустимий рівень небезпеки), що гарантує захист водних екосистем. Підприємства-забруднювачі повинні дотримуватися строгих норм скидів, щоб уникнути забруднення джерел питного водозабезпечення.

У Франції водокористувачам дозволяється брати воду з поверхневих джерел після місця скиду стічних вод підприємств. Цей підхід сприяє природному очищенню стоків і стимулює підприємства до збереження водного середовища.

Вода, яку використовує населення з різною метою, має відповідати певним гігієнічним вимогам. Перший у Європі стандарт якості питної води (ПВ) прийнятий 1937 р. у СРСР, який мав назву «Тимчасовий стандарт якості водопровідної води». До 2000 р. якість води визначали за нормативом ДСТ 2874-82 «Вода для пиття. Гігієнічні вимоги й контроль якості». З 2000 р. уведені в дію Державні санітарні правила й норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» (ДСанПН) № 383-96. Цей ДСанПН регламентує гігієнічні вимоги до якості питної води і поширюється на воду, яку подають системами централізованого господарсько-питного водопостачання і використовують для питних та побутових цілей, виробництва харчових продуктів. І вже в 2014 р. – ДСТУ 7525:2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

Склад та співвідношення розчинених і диспергованих компонентів у природній питній воді можуть коливатися, але не повинні перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК) по окремим компонентам, встановлені нормативними документами

(табл. 1), а також не повинні бути нижчі від санітарно-гігієнічних норм по ряду життєво необхідних мінеральних солей та мікроелементів.

Загальні гігієнічні вимоги до ПВ включають:

– хороші органолептичні властивості (прозорість, відносно низька температура, хороший освіжаючий смак, відсутність запахів, неприємних присмаків, забарвлень, видимих неозброєним оком включень та ін.);

– оптимальний природний мінеральний склад, який забезпечує хороші смакові якості води, отримання деяких необхідних організму макро і мікроелементів;

– токсикологічна нешкідливість (відсутність токсичних речовин в шкідливих для організму концентраціях);

– епідеміологічна безпечність (відсутність збудників інфекційних захворювань, гельмінтозів тощо);

– радіоактивність води – в межах встановлених рівнів.

Органолептичні властивості води поділяються на 2 групи:

– фізикоорганолептичні (смак, запах, каламутність, колір, температура);

– хіміко-органолептичні (сухий залишок, рівень рН, хлориди, сульфати, загальна мінералізація).

До хімічних сполук, що потрапляють у воду через промислове, сільськогосподарське і побутове забруднення, входять важкі метали (кадмій, ртуть, нікель, вісмут, сурма, олово, хром тощо), детергенти (синтетичні миючі засоби або поверхнево активні речовини), пестициди (хлорофос, метафос, 2,4 – Д, атразин тощо), синтетичні полімери та їх мономери (фенол, формальдегід, капролактама тощо).

Покращення нормативно-правової бази в галузі питного водопостачання може спонукати до модернізації водопостачальних систем, підвищення якості життя громадян і більш раціонального використання водних ресурсів.

Аналіз міжнародного досвіду підтверджує, що це один із ключових чинників для забезпечення екологічної безпеки водопостачання.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) приділяє особливе значення вивченню хвороб, які пов'язані з використанням або вживанням неякісної води та відсутністю відповідних умов санітарії [6].

За відомостями ВООЗ, чверть населення постійно піддається ризику захворіти через вживанням неякісної ПВ (вірусний гепатит А, черевний тиф, дизентерія, холера, ротавірусні інфекції, а також хвороби, спричинені хімічним забрудненням води, наприклад, водно-нітратна метгемоглобінемія, флюорози та отруєння токсинами синьо-зелених водоростей). Наявність в ПВ токсичних речовин різного походження за концентрацією, яка суттєво перевищує ГДК, стає причиною розповсюдження захворювань серед населення.

Визначення епідемічної безпеки питної води включає оцінку рівня забруднення води патогенними мікроорганізмами, хімічними речовинами та іншими шкідливими речовинами, які можуть спричинити захворювання серед населення. Це включає в себе аналіз мікробіологічних та хімічних показників води, що проводиться відповідно до встановлених нормативів і стандартів.

Мікробіологічний аналіз води для підприємств та приватних осіб (з кранів, свердловин, колодязів) показує наявність та концентрацію мікроорганізмів

Таблиця 1

Вимоги до якості поверхневих вод, призначених для питних потреб

Показники	Одиниці виміру	Україна (ДСТУ 7525:2014)	ВООЗ	ЄС (Директива 98/83 ЄС)
Водневий показник	рН	6,5–8,5	6,5–8	6,5–8,5
Окиснюваність	мг/л	5	–	5
Мінералізація	мг/л	1000 (1500)	600	1500
Твердість	ммоль/дм ³	7,0 (10)	–	12
Натрій	мг/л	200	200	200
Магній	мг/ дм ³	80	–	80
Хлориди	мг/л	250(350)	250	200
Залізо	мкг/ дм ³	200	200	200
Нітрати	мг/л	50	50	50
Сульфати	мг/ дм ³	250(500)	250	250
Кадмій	мкг/ дм ³	1	3	5
Пестициди	мкг/ дм ³	0,5	–	0,5
Феноли	мкг/ дм ³	1	1	1
Нітрити	мг/л	0,5	3,0	0,5

у воді. Основні показники, що визначаються мікробіологічним аналізом води, включають:

– Загальне мікробне число. Визначає загальну кількість бактерій присутніх у воді.

– Колі-формні бактерії. Колі-формні бактерії є показником фекального забруднення води. Виявлення колі-формних бактерій може свідчити про можливість наявності патогенних мікроорганізмів, які походять з фекального джерела.

– Ентерококи. Ентерококи є групою бактерій, які також є показником фекального забруднення. Виявлення ентерококів може свідчити про наявність фекальних забруднень у воді.

– Патогенні мікроорганізми. Мікробіологічний аналіз може виявляти конкретні патогенні мікроорганізми, такі як Salmonella, Escherichia та інші. Це важливо для оцінки ризику захворювання та життя відповідних заходів для забезпечення безпеки води.

– Паразити. Мікробіологічний аналіз може виявляти наявність: цист, ооцист патогенних найпрості-

ших, личинок та яєць гельмінтів у воді. Ці паразити можуть бути джерелом захворювань, особливо для людей з ослабленою імунною системою.

Важливою складовою є моніторинг якості води та реагування на будь-які забруднення чи випадки захворювань, що можуть бути пов'язані з водою [7].

Для визначення епідемічної безпеки питної води використовують два індикатори – загальне мікробне число (ЗМЧ) та вміст санітарно-показових мікроорганізмів.

ЗМЧ вказує на загальний рівень бактеріального забруднення води і високу можливість наявності патогенних мікроорганізмів (табл. 2).

Стан якості питної води в Україні на прикладі Харківської області. Аналіз наукових публікацій і національних доповідей свідчить, що стан джерел питного водопостачання сьогодні в Україні залишається незадовільним. Наприклад, ще за довірених часів у 2021 відповідно до доповіді про стан навколишнього середовища у Харківській області

Таблиця 2

**Показники епідемічної безпеки питної води згідно ДСанПін 2.2.4-171-10
«Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»**

з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної, з пунктів розливу та бюветів	з колодязів та каптажів джерел	фасованої
1	2	3	4	5	6
1. Мікробіологічні показники					
1	Загальне мікробне число при t 37 °С – 24 год*	КУО/см ³	≤ 100 (≤ 50)**	не визначається	≤ 20
2	Загальне мікробне число при t 22 °С – 72 год	КУО/см ³	не визначається	не визначається	≤ 100
3	Загальні коліформи***	КУО/ 100 см ³	відсутність	≤ 1	відсутність
4	E.coli***	КУО/ 100 см ³	відсутність	відсутність	відсутність
5	Ентерококи***	КУО/ 100 см ³	відсутність	не визначається	відсутність
6	Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	КУО/ 100 см ³	не визначається	не визначається	відсутність
7	Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
8	Коліфаги****	БУО/дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
9	Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	наявність в 10 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
2. Паразитологічні показники					
10	Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	клітини, цисти в 50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
11	Кишкові гельмінти	клітини, яйця, личинки в 50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність

* Для 95% проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

** Через 10 років з часу набрання чинності Санітарними нормами.

*** Для 98% проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

**** Визначають додатково у питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд в розподільну мережу, а також в ґрунтових водах.

[9] систематично виявлялись порушення при перевірці об'єктів централізованого об'єктів децентралізованого водопостачання. В доповіді зазначено, що фахівцями Держпродспоживслужби спільно з органами виконавчої влади та місцевого самоврядування за результатами перевірки виявлені порушення на 182 з 236 (77,11%) об'єктів централізованого водопостачання та на 917 з 1292 (70,9%) об'єктах децентралізованого водопостачання. За результатами проведених досліджень вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 не відповідало 116 з 230 проб (50,4%) води за санітарно-хімічними показниками, 40 проб (17,4%) за мікробіологічними показниками та 40 з 164 (24,4%) проб за паразитологічними показниками. У 2022 році порушення виявлено на 142 з 178 (79,8%) об'єктах централізованого, 592 з 762 (77,7%) об'єктах децентралізованого водопостачання, 150 з 257 (58,4%) проб питної води з об'єктів нецентралізованого водопостачання населення не відповідали нормативним вимогам [10].

Такі результати перевірок, на прикладі Харківської області, невідповідності існуючим показникам свідчать про систематичне вживання населенням України води, яка не відповідає існуючим нормативам.

Фактори погіршення якості питної води для споживачів. Головною причиною невідповідності якості води та погіршення показників водопровідної води ймовірно було очисне обладнання та зношені

трубопроводи, які не забезпечують безпеку споживання води [11]. Згідно з останніми дослідженнями в Україні 33,3% зношених та аварійних водопровідних мереж [11]. Це в свою чергу призводить до проблем зі здоров'ям людей та погіршенням якості і тривалості життя.

Сьогодні серед всіх видів водоспоживання відсутні повністю безпечні джерела питної води (табл. 3).

Переважає більшість населення України споживає воду з централізованого водопостачання (99,1% міст, 89,8% селищ) [12]. На якість питної води для кінцевого водоспоживача впливають наступні фактори, зображені на рис. 1.

Від початкової якості води у джерелах водозабору, яка визначається забрудненням води і екологічною ситуацією, залежить подальша зміна (погіршення в процесі водопідготовки) показників якості.

Наразі через військові дії ситуація з якістю питної води у всіх регіонах країни без сумніву погіршилась через погіршення якості води у водоймах та погіршення ефективності очищення та знезараження питної води. Забруднення водних об'єктів, викликані потраплянням у воду нафтопродуктів, продуктів горіння, важких металів після вибухів, залишків токсичних вибухових речовин, ракетного пального, затоплення території при руйнуванні гребель є джерелом хімічного забруднення поверхневих водойм пролонгованої дії [13]. Масштабні

Таблиця 3

Аналіз ризиків споживання води населенням України з різних джерел

Джерела споживання води людиною	Переваги	Потенційні ризики погіршення якості води
Водопровідна вода	Проходить систему очищення та знезараження під час водопідготовки	Забруднення води під час транспортування трубопроводами, яке залежить від їх технічного стану та корозії (іржа, мінералізовані органічні частинки, важкі метали сплавів). Розвиток мікроорганізмів та біоплівки в застійних зонах трубопроводів. Забруднення продуктами знезараження води (поліакриламід, хлор залишковий і вільний, озон та формальдегід)
Джерельна вода масового користування, вода з колодязів та індивідуальних свердловин	Відсутність хімічних домішок та продуктів корозії трубопроводів	Відсутність попереднього очищення та даних про якісні показники води та її хімічний склад. Мікробіологічне забруднення через відсутність знезараження води
Розливна артезіанська вода з водометів та машин	Як правило відомий склад води та основні показники якості води. Вода може проходити попереднє очищення	Забруднення води біоплівкою та мікроорганізмами, які розвиваються у цистернах та баках водоматів
Бутильована столова вода	Має відомий склад, зазначений на пакуванні.	Недопрочесність виробника та невідповідність якості, зазначеної на пакуванні. Забруднення води нанопластиком та продуктами розкладу пластикового пакування. Шкода для здоров'я при постійному вживанні столово-лікувальної води одного хімічного складу чирез надлишок надходження певних мінералів



Рис. 1. Функціональна система зв'язку факторів з показниками якості питної води

проблеми забруднення спричиняють руйнування та зупинка роботи очисних споруд промислових підприємств, що також призводить до погіршення якості води у поверхневих джерелах водопостачання. Іншим аспектом погіршення якості питної води є проблеми з безперебійним електропостачанням, що може впливати на ефективність водопідготовки, очищення та знезараження питної води централізованого водопостачання.

Також важливим фактором неможливості вживання якісної питної води є обмеженість доступу людей як до безпечної води, особливо в зоні військових дій та на тимчасово окупованих територіях, яка відповідає нормативним показникам якості, так і відсутність інформації про результати оперативного моніторингу показників якості водопровідної води в містах, води у колодязях сільської місцевості, джерельної води у населених пунктах.

Відсутність інформації про моніторинг показників якості води та неможливість визначити якість води самостійно створюють передумови розповсюдження побутових та індивідуальних систем додаткового очищення та знезараження водопровідної та джерельної води.

Аналіз вітчизняних та закордонних наукових джерел показує, що сучасні методи знезараження питної води є результатом інтенсивних досліджень і вдосконалення технологій, спрямованих на забезпечення безпеки водопостачання для населення. Відмічається, що у цьому процесі велику роль відіграють інноваційні методи, такі як озонування, використання ультрафіолетового випромінювання, ультразвукових коливань та іонізація, що дозволяють ефективно боротися з різноманітними мікробіологічними та хімічними забрудненнями води.

Головні висновки. Порівняльний аналіз нормативів якості води України та інших країн свідчить про близьке значення показників якості. У той же час особливу увагу слід звернути на дотримання нормативних показників води, особливо за мікробіологічними показниками через особливу небезпеку для здоров'я людини.

Безпечне водоспоживання залежить від багатьох факторів: якості води у поверхневих водоймах, якості водопідготовки, очищення та знезараження води, стану трубопроводів централізованого водопостачання, доступу людей до питної води, систематичного моніторингу та проінформованості населення про якість питної води доступних джерел. Враховуючи ці фактори, можна констатувати, що пошук і впровадження найбільш оптимальних і ефективних методів знезараження води є критично важливим завданням для забезпечення здоров'я та благополуччя суспільства, особливо в екстремальних умовах військового стану.

Одним з варіантів вирішення проблеми погіршення якості питної води є створення побутових, індивідуальних, локальних для підприємств та громад приладів та споруд додаткової очистки та/або знезараження водопровідної та джерельної води з метою зниження ризику для здоров'я.

Література

1. Мокієнко А. В., Бабієнко В. В., Гуцук І. В. Клімат, вода та інфекції: нові виклики для півдня України на тлі старих проблем. *Public Health Journal*, 2023. № 4. С. 41–49.
2. Прибильський В. Л. Перспективи знезараження води в технологіях бутильованих питних вод. *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business : scientific monograph* // Прибильський В. Л., Дулька О. С., Федосов О. Л. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. P. 174–207.
3. Nemerow L., Franklin J., Sullivan P., Salvato A. *Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation* : sixth edition. Inc. by John Wiley & Sons. 2009. P. 383.
4. Бойко Є. О., Крамаренко І. С., Головіна О. І., Яркіна В. Г., Кулик Д. О. Екологічні інвестиції: стан та перспективи впровадження на мікро-, мезо- та макрорівнях. *Вісник ХНАУ. Серія : Економічні науки*. 2021. Т. 3. № 2. С. 40–49.
5. Schillinger J., Ozerol G., Güven-Griemert Ş., Heldeweg M. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *WIREs Water*. 2020. № 7 (6). P. 1–19.
6. Державне агентство водних ресурсів України. Водна стратегія України до 2050 року. Від 9 грудня 2022 р. 1134-р, Київ. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/uryad-shvaliv-vodnu-strategiyu-ukraini-do-2050-roku>
7. Prokopov O., Lypovetska O., Kulish T. Dangerous chlorites in drinking water: formation and removal using chlorine dioxide in water treatment technology. *Environment and health*. 2023. № 1(106). P. 43–50.
8. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
9. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2021 р. Харків, 2022. URL: <https://merp.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Regionalna-dopovid-Harkivskoyi-obl.-2021.pdf>
10. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2022 р. Харків, 2023. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736/123378>
11. Гіроль М. М., Ковальський Д., Хомко В. Є., Гіроль А. М. Проблеми якості води в водопровідних мережах. *Водопостачання та водовідведення : виробничо-практичний журнал*. Київ, 2008. № 2. С. 1–21.
12. Розпорядження Кабінету міністрів України Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022–2026 роки. 28 квітня 2021 р. № 388-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/388-2021-%D1%80#Text>.
13. Бондар О. І., Гандзюра В. П., Матвієнко М. Г. Вплив воєнних дій та їх наслідків на довкілля України. *Екологічні науки*. 2023. № 1(52). С. 7–15.