

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**КРИСІНСЬКА ДІАНА ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК [502.1-049.5: 628.1] (043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

**ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

(101 – екологія, галузь знань – 10 природничі науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Д. О. Крисінська

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник:  
**Клименко Леонід Павлович**  
доктор технічних наук,  
професор

Львів – 2021

## АНОТАЦІЯ

Крисінська Д. О. Визначення рівня екологічної безпеки системи питного водопостачання. – Кваліфакаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека (101 – екологія, галузь знань 10 – природничі науки). Дисертація виконана у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили. Захист передбачається у Національному університеті «Львівська політехніка», Львів, 2021.

У дисертації представлено результати дослідження актуальної проблеми, пов'язаної із забезпеченням якості питної води міських поселень. Проаналізовано теоретичні основи та методичні підходи щодо забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання, оцінювання якості питної води, з урахуванням досвіду провідних українських наукових шкіл, а також європейського законодавства.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню важливого науково-практичного завдання – оцінюванню рівня екологічної безпеки питного водопостачання. Запропоновано оцінювати рівень екологічної безпеки питного водопостачання використовуючи ризик-орієнтований підхід. В основу запропонованого комплексного методу оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання закладено ідею визначення ризику канцерогенного та неканцерогенного походження. Розроблено алгоритм оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання. Встановлено діапазони рівня екологічної безпеки питного водопостачання, що визначаються межами ризику, який не загрожує здоров'ю людини. Проведено лабораторні польові дослідження якості питної води централізованого водопостачання та підземних джерел водопостачання. Одержані результати використано для підтвердження ефективності використання запропонованого методу оцінювання рівня екологічної безпеки

питного водопостачання. У середовищі Curve Expert та MS Excel визначено існування екологічного ризику канцерогенного походження для здоров'я жителів міста Миколаєва, що може бути спричинений якістю питної води. Визначено ступінь кореляційного зв'язку між кількістю зафіксованих злякисних новоутворень та концентрацією хлороформу у питній воді. Досліджено основні причини погіршення якості питної води. Обґрунтовано екологічну необхідність впровадження дуальної системи водопостачання в населеному пункті та досліджено її економічну ефективність. Запропоновано затвердити поняття “технічна вода” в головних державних документах, що регламентують галузь водопостачання.

Ключові слова: екологічна безпека, питне водопостачання, екологічний ризик, питна вода, технічна вода, дуальні системи, алгоритм оцінювання.

## **ABSTRACT**

Krysinska D. O. Assessment of the level of ecological safety of drinking water supply. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on persuatig of a scientific degree of candidate of the technical sciences on a specialty 21.06.01 – ecological safety (101 – ecology, branch of knowledge 10 – natural sciences).

The dissertation was completed at Petro Mohyla Black Sea National University. Defending the dissertation will be taking place at Lviv Polytechnic University, Lviv, 2021.

The dissertation is devoted to solving an important scientific and practical problem assessing the level of environmental safety of drinking water supply. The degradation of the aquatic environment under the influence of anthropogenic activities, the shortage of fresh water due to irrational use of nature, led to the water crisis, which the world scientific community has officially classified as the 5 most important global risks for the next ten years.

Given the importance of drinking water for human life, considered that the assessment of the level of ecological safety of drinking water should be carried out using a risk-based approach, moving from the existing differentiated definition of the concentration of drinking water quality and their comparison with normalized values to take into account negative effects for the human body due to the manifestations of the consequences of danger in the form of disease, disability, mortality, etc.

The proposed comprehensive method for assessing the level of ecological safety of drinking water supply is based on the idea of calculating the risk of carcinogenic and non-carcinogenic origin.

An algorithm for determining the level of ecological safety of drinking water supply has been developed. The ranges of the level of ecological safety of drinking water supply are determined, which are determined by the limits of the risk that does not threaten human health:  $10^{-8} \leq R_c \leq 10^{-6}$  – for carcinogenic substances,  $0,161 \leq R_{nc} \leq 0,160$  – for non-carcinogenic substances (within the range – “safe” or outside “dangerous”).

Laboratory field researches of drinking water quality of centralized water supply and underground water supply sources were carried out. The obtained results were used to confirm the effectiveness of the proposed method of assessing the level of environmental safety of drinking water supply.

In the Curve Expert and MS Excel environment identified the existence of an environmental risk of carcinogenic origin for the health of Mykolaiv residents, which may be caused by the quality of drinking water. The degree of correlation between the number of detected malignancies and the concentration of chloroform in drinking water was determined.

The main reasons for the deterioration of drinking water quality and the emergence of a dangerous state of the drinking water supply system have been studied. The main ones are outdated water supply network and use of disinfection technology with the use of chlorine-containing reagents.

The ecological necessity of introduction of dual (double) water supply system in the settlement is substantiated and the problem of its economic efficiency is investigated.

In the context of the implementation of an alternative dual (double) water supply system, the dissertation proposes to separate networks for drinking water supply and technical and to approve the concept of “technical water” in the main state documents governing the water supply industry.

Key words: ecological safety, drinking water supply, ecological risk, drinking water, technical water, dual systems, algorithm for determining.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Bezsonov Y., Muntian L., **Krysin'ska D.** Hydrological-stenobiontic method for determining environmental flows from reservoir “Eastern-European Journal of Enterprise Technologies” (№2/ 10 (110).2021): Ecology, P. 18-26. *(фахове видання, НМБ Scopus) Особистий внесок – проаналізовано значення біоцентричного методу оцінювання стану водних об’єктів.*

2. **Крисінська Д. О.,** Клименко Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. *Науковий вісник : збір. наук. праць / гол. ред. Я. І. Соколовський. Львів, 2021, Т. 31, № 1. С. 147-151. (фахове видання) Особистий внесок – проведення експериментальних досліджень.*

3. **Крисінська Д. О.,** Клименко Л. П. Зміна структури споживання питної води як основа вирішення проблеми екологічної безпеки питного водопостачання. *Екологічні науки : наук.-практ. журнал / гол. ред. О. І. Бондар. Київ : ДЕА, 2019. № 2 (25). С. 133–137. (фахове видання) Особистий внесок – проведення статистичного аналізу даних структури водоспоживання домогосподарств різних країн.*

4. **Крисінська Д. О.** Визначення потенційного ризику як основного показника оцінювання якості питної води. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки* : наук.-техн. зб. / гол. ред. О. С. Волошкіна. Київ : КНУБА, 2015. Вип. 25. С. 137–143. (фахове видання).

5. **Крисінська Д. О.** До проблеми вдосконалення вітчизняної нормативно-правової бази в галузі питного водопостачання як одного з основних чинників підвищення екологічної безпеки питної води. *Наукові праці. Серія : Екологія* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. Т. 203. Вип. 191. С. 59–62. (фахове видання).

6. **Крисінська Д. О.** До перспектив раціоналізації використання прісної води в Миколаївській області. *Наукові праці. Серія : Техногенна безпека* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. Т. 187. Вип. 175. С. 49–55. (фахове видання).

7. **Крисінська Д. О.** Екологічно безпечне водокористування в Північному Причорномор'ї: аналіз проблеми та шляхи вирішення. *Наукові праці. Серія : Техногенна безпека* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. Т. 163. Вип. 151. С. 91–95. (фахове видання).

#### ***Статті у періодичних наукових виданнях інших держав***

8. Klymenko L. P., **Krysinska D. O.** The Process of Assessing the Environmental Safety of Drinking Water Supply. *Environment, Resource and Ecology Journal* : international periodic scientific journal. Canada, 2021. Vol. 5. Issue 1. P 1-5. *Особистий внесок – формулювання ідеї візуалізації та реалізації процесу визначення екологічної безпеки питного водопостачання.*

9. **Krysinska D. O.** Analysis of world experience in implementing dual (double) drinking water supply systems. *Modern Engineering and Innovative Technologies* : international periodic scientific journal. Germany, 2021. Issue № 16.3. P. 112-116.

### *Колективна монографія*

10. Kryszynska D. O., Klymenko L. P. Use (exploitation) of dual (double) water supply systems as a way to rationalize the use of drinking water. *Water Security : Monograph. Issue 2.* – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2021. – P. 154-163. *Особистий внесок – проаналізовано міжнародний досвід впровадження дуальних систем водопостачання.*

#### *Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

1. **Крисінська Д. О.** Проблема екологічно безпечного водокористування в Північному Причорномор'ї. *Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень* : матеріали VIII наук. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених / за ред. проф. Л. І. Зеленської. Київ : ДНВП «Картографія», 2011. Вип. 8. С. 123–125.

2. **Крисінська Д. О.** Екологічна оцінка стану систем питного водопостачання Північного Причорномор'я. *Природно-ресурсний потенціал збалансованого (сталого) розвитку України* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–22 квіт. 2011 р. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. Тези у 2 т. Т. 1. С. 321.

3. Воскобойнікова Н. О., **Крисінська Д. О.** Перспективи вирішення проблеми питного водопостачання в мікрорайоні м. Миколаїв Велика Корениха. *Наукові праці. Серія : Екологія* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. Т. 132. Вип. 119. С. 85–88.

4. **Крисінська Д. О.** Проблема раціоналізації використання прісної води в Миколаївській області. *Шляхи забезпечення екологічної безпеки населених пунктів України* : зб. матеріалів до наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 7 черв. 2012 р. / Департамент ЖКГ, ВГО «Еколого-Аудиторська Палата України». Миколаїв : ФОП Ємельянова Т. В., 2012. С. 73–77.

5. **Крисінська Д. О.** Раціональне використання питної води – стратегії та реальність. *Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми*

охорони та раціонального використання : зб. наук. статей XI міжнар. наук.-практ. конф. Львів : ЛьвЦНТЕІ, 2012. С. 97–102.

6. **Крисінська Д. О.** Аналіз ризику для здоров'я населення м. Миколаїв при вживанні питної води з підвищеним вмістом ХОС. *Ольвійський форум – 2013: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : тези міжнар. наук.-метод. конф., м. Ялта, 5–9 черв. 2013 р. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. Т. 2. С. 17–22.

7. **Крисінська Д. О.** Дослідження жорсткості підземних вод в мікрорайонах м. Миколаєва. *Регіональні екологічні проблеми: науково-методичні і прикладні аспекти їх вирішення* : VI міжнар. наук. конф. студентів, магістрантів і аспірантів, м. Одеса, 9–11 верес. 2013 р. Одеса, 2013. С. 144–148.

8. **Крисінська Д. О.** Значення ноосферної концепції Вернадського при зменшенні антропогенного навантаження на водні ресурси. *Вчення про ноосферу В. І. Вернадського в науковому, освітянському та інноваційному розвитку сучасного суспільства* : тези міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв : МКУ, 2013. С. 59–60.

9. **Крисінська Д. О.** Аналіз альтернативи покращення якості питної води в м. Миколаїв. *Збережемо для нащадків* : матеріали VI Миколаївських міських екологічних читань, м. Миколаїв, 21–22 листоп. 2013 р. / Управління охорони навколишнього середовища та благоустрою департаменту ЖКГ Миколаївської міської ради, Міський центр екологічної інформації та культури та ін. / уклад. І. Б. Чернова. Миколаїв : ФОП Ємельянова Т. В., 2013. С. 35–38.

10. **Крисінська Д. О.** Проблема підвищеного вмісту хлорорганічних сполук в питній воді м. Миколаєва. *IV-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013)* : зб. наук. статей. м. Вінниця, 25–27 верес. 2013 р. Вінниця : ДІЛО, 2013. С. 101–104.

11. **Крисінська Д. О.,** Воскобойнікова Н. О. Алгоритм визначення екологічного ризику в системі екологічної безпеки питного водопостачання.



*Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання* : зб. наук. статей Тринадцятої міжнар. наук.-практ. конф. Львів : ЛьвДЦНП, 2014. С. 29–32.

12. **Крисінська Д. О.** До питання модернізації технологій водоочищення на МКП «Миколаїводоканал». *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : збірник матеріалів 3-го Міжнародного конгресу, м. Львів : Вид-во ТзОВ «ЗУКЦ», 2014. С. 111.

13. **Крисінська Д. О.** Динаміка якості питної води в м. Миколаєві. *Екологічний вісник* : наук.-популяр. екологічний журнал. 2015. № 3 (90). С. 19–20.

14. **Крисінська Д. О.** Оцінка якості питної води шляхом визначення потенційних ризиків для здоров'я людини. *Екологія. Людина. Суспільство* : зб. тез доп. XVIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 27–19 трав. 2015 р. / уклад. Д. Е. Бенатов. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. С. 103–104.

15. **Крисінська Д. О.** Поняття потенційного ризику як основний показник якості питної води. *Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти* : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. / уклад. Г. Собчук, В. Жукова. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. С. 123–126.

16. **Крисінська Д. О.** Протиріччя між існуючими державними програмами в галузі питного водопостачання та змістом поняття екологічна безпека питної води. *Екологічна безпека держави* : тези доп. X всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, м. Київ, 21 квіт. 2016 р. Київ : НАУ, 2016. С. 65–67.

17. **Крисінська Д. О.** Перспективи вирішення проблеми забезпечення якісною питною водою населення Миколаєва. *Ольвійський форум – 2016: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 9–12 черв. 2016 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2016. С. 71–73.

18. **Крисінська Д. О.** Імплементация екологічних аспектів Угоди про асоціацію між Україною та ЄС як головний фактор екологічної безпеки України. *Екологічна безпека поселення та регіону як основа державної безпеки* : зб. матеріалів наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 23–24 листоп. 2016 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2016. С. 88–90.

19. Клименко Л. П., **Крисінська Д. О.** Поняття «потенційного ризику» в українському та європейському водному законодавстві. *Могиланські читання – 2018: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти* : зб. тез наук.-метод. конф., м. Миколаїв, 12–17 черв. 2018 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. С. 15–18.

20. Клименко Л. П., **Крисінська Д. О.** Важливість стратегій сталого розвитку підприємств водопостачання. *Ольвійський форум – 2020: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі*: зб. тез наук. конф., м. Миколаїв, 4–8 черв. 2020 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. – С. 3-6.

21. Безсонов Є. М., **Крисінська Д. О.** Енергетична ніша виду як комплексний критерій оцінювання екологічної безпеки водних екосистем. *6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. Львів, 23–25 верес., 2020. – С. 52.

22. **Krysinska D. O.** Algorithm for determining of environmental safety of drinking water supply. *Scientific World Journal* : international periodic scientific journal. Bulgaria, 2020. Issue № 6. P. 50-55.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

АЕС – атомна електростанція

АР – автономна республіка

БОС – білогічно очисні споруди

ВООЗ – Всесвітня Організація Охорони Здоров'я

ГАЕС – гідроакумуюча електростанція

ГДК – гранично допустима концентрація

ГЕС – гідроелектростанція

ГОСТ – государственный стандарт

ДСТУ – державний стандарт України

ЕС – екологічна система

ЕБ – екологічна безпека

ЕБПВ – екологічна безпека питного водопостачання

ЄІБ – Європейський інвестиційний банк

ЄС – Європейський Союз

ІП – інтегральний показатель опасности питьевой воды

КП – комунальне підприємство

МДР – максимально допустимий рівень

МКП – миколаївське комунальне підприємство

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

НПС – навколишнє природне середовище

НСВ – насосна станція воогону

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ОСК – очисні споруди каналізації

ОСВ – очисні споруди водопроводу

ПО – перманганатна окиснюваність

РЧВ – резервуар чистої води

СанПіН – санітарні правила і норми

СДД – середньодобова доза

СЕС – соціоекосистема

США – Сполучені Штати Америки

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ЦСР – цілі сталого розвитку

ХОС – хлорорганічні споруди

ESPWS – Ecological Safety of Drinking Water Supply

US EPA – United States Environmental Protection Agency

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	11
<b>ВСТУП.....</b>	<b>15</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....</b>	<b>22</b>
1.1. Теоретичні основи екологічної безпеки питного водопостачання як складової сталого розвитку людства .....	22
1.2. Особливості сучасної структури використання прісної води ...	28
1.3. Вплив технічного стану систем водопостачання на якість.....	44
питної води .....	44
1.4. Нормативно-правова база регулювання відносин у галузі водопостачання.....	50
1.5. Висновки до першого розділу.....	56
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....</b>	<b>59</b>
2.1. Сучасні методи оцінювання безпеки екологічних систем.....	59
2.2. Особливості загальної методики оцінювання екологічного ризику	62
2.3. Формування комплексного методу оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання шляхом визначення потенційного екологічного ризику .....	68
2.4. Визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання шляхом використання алгоритмів.....	81
2.5. Висновки до другого розділу.....	88
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В МІСТІ .....</b>	<b>90</b>
3.1. Дослідження відповідності показників якості водопровідної води в м. Миколаєві існуючим галузевим стандартам питного водопостачання ..	90
3.2. Визначення якості вод підземних джерел питного водопостачання у віддаленому мікрорайоні міста Миколаїв .....	99

3.3. Визначення потенційного екологічного ризику як основного показника екологічної безпеки питного водопостачання.....	105
3.4. Висновки до третього розділу.....	118
<b>РОЗДІЛ 4. АЛЬТЕРНАТИВНІ ПІДХОДИ В ГАЛУЗІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....</b>	<b>120</b>
4.1. Обґрунтування необхідності переходу на альтернативну систему питного водопостачання.....	120
4.2. Еколого-економічне оцінювання впровадження дуальної (подвійної) системи питного водопостачання.....	123
4.3. Висновки до четвертого розділу.....	131
<b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....</b>	<b>133</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>157</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Деградація якості водного середовища та виснаження водних ресурсів є одними з найгостріших проблем сьогодення, оскільки це стосується кожного окремого індивідууму та й усього суспільства в цілому. Роль водних екосистем у соціально-економічному розвитку важко переоцінити. Завдяки своїм унікальним властивостям, вода значно більше, ніж інші природні ресурси, впливає на розвиток та формування людської цивілізації. Вона має ключове значення у формуванні і підтримці життя на Землі, це основна біологічна речовина, з якої складаються живі організми і без якої вони не можуть існувати.

Проблема екологічної безпеки питного водопостачання є найактуальнішою серед проблем сьогодення, оскільки людство використовує цей природний ресурс нераціонально.

За даними доповіді The United Nations World Water Development Report Організації Об'єднаних Націй щодо стану водних ресурсів у 2019 році у світі троє людей з десяти позбавлені доступу до якісної питної води [182].

В Огляді стану довкілля та ризиків для людей, здійсненому Всесвітнім фондом дикої природи у 2020 році, до 5 найважливіших глобальних ризиків на наступні десять років віднесено водну кризу [145].

В останніх звітах і документах Всесвітнього Банку [179] зазначається, що чиста вода належить до ключових чинників економічного розвитку, а погіршення її якості уповільнює економічне зростання, благополуччя населення, негативно впливає на здоров'я людини та призводить до зростання бідності.

Питання екологічної безпеки питного водопостачання є стратегічною ціллю для України, що зазначено у Законі «Про національну безпеку України» [114]. Не зважаючи на це, наша держава належить до числа таких, що мають обмежені питні ресурси через підвищений рівень забруднення

поверхневих і підземних джерел водопостачання. Особливо актуальною ця проблема є в містах південних областей України, більшість яких використовують для забезпечення господарсько-питних потреб населення, води з поверхневих водних джерел. Для знезараження в процесі водопідготовки на більшості українських підприємств використовують хлорвмісні реагенти, що можуть викликати канцерогенні ефекти у людини.

Дослідження взаємозв'язку між появою канцерогенних і неканцерогенних проявів у населення внаслідок споживання питної води, оцінювання екологічних ризиків та їх наслідків, враховуючи рівень людських потреб, що постійно зростають, є своєчасним і доцільним. З кожним роком ситуація з водопостачанням в містах загострюється, оскільки методи очищення води, системи водопроводів морально і фізично зношені, тому дослідження рівня екологічної безпеки питного водопостачання та пошук шляхів поліпшення якості питної води є актуальними і життєво необхідними.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження здійснювалося в рамках виконання науково-дослідної теми (номер державної реєстрації 0112U005117) “Підвищення рівня екологічної безпеки питного водозабезпечення в Миколаївській області” (2010-2013 рр., виконавець), фундаментальної науково-дослідної роботи (номер державної реєстрації 0114U004572) “Теоретичні основи визначення індикаторів та коефіцієнтів вагомості індексів екологічної безпеки в системі сталого розвитку Південного регіону України” (2014-2017 рр., виконавець) та фундаментальної роботи (номер державної реєстрації 0120U101959) “Науково-практичне обґрунтування та визначення стенобіонтного підходу щодо забезпечення національної екологічної безпеки водних екосистем України” (з січня 2020 р., відповідальний виконавець) кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили.



**Мета і завдання дослідження.** Мета дисертаційної роботи полягає у науково-практичному обґрунтуванні та розробленні комплексного підходу до оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання з урахуванням екологічних ризиків.

Досягнення поставленої мети забезпечується розв'язанням таких завдань:

- проаналізувати поняття “екологічна безпека питного водопостачання” та методи її оцінювання як небезпечної для людини;
- удосконалити існуючі методичні підходи до оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання;
- розробити комплексний метод оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання з використанням ризик-орієнтовних підходів;
- встановити ефективність застосування запропонованого методу визначення екологічного ризику для оцінювання впливу на здоров'я міського населення від вживання питної води;
- обґрунтувати екологічну необхідність переходу на дуальну (подвійну) систему водопостачання та оцінити економічну ефективність її впровадження в населеному пункті.

**Об'єкт дослідження** – екологічна безпека питного водопостачання.

**Предмет дослідження** – оцінювання рівня екологічної безпеки системи питного водопостачання із застосуванням ризик-орієнтованого методу.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети та розв'язання поставлених завдань використано теоретичні й експериментальні методи. Серед теоретичних методів використано методи аналізу і синтезу для узагальнення літературних джерел та виявлення основних напрямків досліджень. Методи системного й порівняльного аналізу використано під час вивчення взаємозв'язків у системі питного водопостачання, в процесі аналізу методик оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання та екологічного ризику. Як основний метод дослідження, під час визначення значень ризиків для здоров'я населення використано метод математичного

моделювання з реалізацією моделей у програмному забезпеченні *Microsoft Office Excel 2013, Curve Expert*. Дослідження взаємозв'язку між якістю питної води та появою захворювань здійснено методами статистичного аналізу. В лабораторних умовах досліджено якість вод підземних джерел водопостачання мікрорайону міста Миколаєва та відповідність встановлених значень (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

**Наукова новизна** одержаних результатів:

- вперше формалізовано та оцінено зв'язок між виникненням онкологічних захворювань у людей і споживанням питної води з підвищеним вмістом хлорорганічних сполук;
- вперше для міст України обґрунтовано використання дуальної системи водопостачання для забезпечення питною водою населення, з метою розподілу води для різних потреб – питних та технічних, що дозволяє підвищити рівень екологічної безпеки питних вод та знизити собівартість технічних;
- вперше обґрунтовано введення поняття “технічна вода” в українські законодавчі документи та стандарти, що стосуються галузі питного водопостачання, що в майбутньому дозволить диференціювати використання води, особливо тієї, що не відповідає нормативам питних і тим самим створить додатковий механізм екологічної безпеки питного водопостачання;
- набули подальшого розвитку теоретичні засади забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання, що, на відміну від існуючих, враховують необхідність мінімізації негативного впливу на здоров'я людини;
- вдосконалено методи оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання шляхом коректності встановлення меж безпечності екологічного ризику.

**Практичне значення одержаних результатів.** Визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання розробленим методом оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання з урахуванням

екологічних ризиків, дозволило встановити причинно-наслідкові зв'язки впливу якості питної води на організм людини: підтверджено існування залежності між кількістю зафіксованих злоякісних новоутворень та концентрацією хлороформу у питній воді (коефіцієнт кореляції Пірсона – 0,66, коефіцієнт детермінації  $R^2=0,71$ ).

Одним з важливих результатів дослідження стало обґрунтування необхідності розподілу питної та технічної води у процесі водозабезпечення населення міста за рахунок використання дуальної (подвійної) водопровідної системи.

Практичні рекомендації дисертації використано у роботі підприємств і організацій, а саме: Миколаївське комунальне підприємство “Миколаївводоканал”, Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Миколаївської міської ради, Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації.

Наукові положення та висновки дисертації лягли в основу лекційних курсів “Техноекологія” (тема: “Житлово-комунальне господарство”) та “Системи технологій” (тема “Стратегії сталого розвитку підприємств”), які викладаються у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили для спеціальності 101 “Екологія”.

**Особистий внесок.** Здобувачем самостійно встановлено проблематику дослідження, опрацьовано літературні джерела за темою дисертації, проаналізовано існуючі методики визначення екологічного ризику, запропоновано підхід до оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання, виконано практичні дослідження та опрацювання отриманих результатів. Планування основних досліджень, постановка задач, формулювання ідей, обґрунтування основних теоретичних положень та висновків дисертації виконано під керівництвом доктора технічних наук, професора Леоніда Павловича Клименка.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на наукових конференціях різних рівнів, а саме: VIII науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень» (м. Дніпропетровськ, 11–14 травня 2011 р.); Міжнародному екологічному форумі «Довкілля для України – 2011: Міжнародній науково-практичній конференції «Природно-ресурсний потенціал збалансованого (сталого) розвитку України», (м. Київ, 19–22 квітня, 2011 р.); Науково-практичній конференції: Ресурси природних вод Карпатського регіону (м. Львів, 2011 р., 2014 р.); Науково-практичній конференції «Шляхи забезпечення екологічної безпеки населених пунктів України» (м. Миколаїв, 7 червня 2012 р.); VI Міжнародній науковій конференції студентів, магістрантів і аспірантів «Регіональні екологічні проблеми: науково-методичні і прикладні аспекти їх вирішення» (м. Одеса, 9–11 вересня 2013 р.); IV-й Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013) (м. Вінниця, 25–27 вересня, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Вчення про ноосферу В. І. Вернадського в науковому, освітянському та інноваційному розвитку сучасного суспільства» (м. Миколаїв 18–19 жовтня 2013 р.); Першому Всеукраїнському молодіжному з'їзді екологів (м. Житомир, 22 травня 2014 р.), XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, 27–29 травня 2015 р.), Консультативній зустрічі щодо визначення стратегічних пріоритетів Програми малих грантів Глобального екологічного фонду на 2015–2018 рр. (м. Київ, 17 вересня 2015 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти» (м. Київ, 28–30 жовтня 2015 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Водокористування: технології; споруди; менеджмент» (м. Київ, 2–4 грудня 2015 р.); VI Миколаївських міських екологічних читань. Збережемо для нащадків: (м. Миколаїв, 2013 р., 2020 р.); Міжнародній науково-практичній конференції Щорічних науково-методичних

конференціях «Могилянські читання» (м. Миколаїв, 2009–2013, 2016, 2019, 2020 рр.); Міжнародних науково-практичних конференціях «Ольвійський форум: Пріоритети України в геополітичному просторі» (м. Севастополь 2012 р., м. Ялта 2013 р., м. Миколаїв 2016, 2019, 2020 рр.), 6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 2020 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертації опубліковано у 32 наукових працях, з яких: одна стаття у виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою даних Scopus, 6 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 2 статті у періодичних наукових виданнях інших держав; 1 – матеріали колективної монографії, 22 – тези доповідей та матеріалів міжнародних та всеукраїнських конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, перелік використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 174 сторінки. Дисертаційна робота містить 19 таблиць та 42 рисунки, 188 найменувань переліку джерел та 7 додатків.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

### 1.1. Теоретичні основи екологічної безпеки питного водопостачання як складової сталого розвитку людства

Над питаннями екологічної безпеки науковці почали працювати ще в ХІХ–ХХ століттях. Основи екологічної безпеки закладено в працях таких науковців: М. Н. Мойсеєва, Н. Ф. Реймерса, А. Б. Качинського, Добровольського В. В. та ін. [15, 34, 35, 51, 55, 84, 106, 125].

Основоположником теорії екологічної безпеки можна вважати М. Н. Мойсеєва [125], адже саме цей вчений вивчаючи суспільство, як систему, сформулював основу екосистемології та ноосферології, що стали підґрунтям понятійного апарату екологічної безпеки.

За визначенням Н. Ф. Реймерса [106] екологічна безпека є сукупністю дій, станів і процесів, які прямо чи опосередковано не призводять до життєво важливих втрат, збитків (або загрози виникнення збитків), що наносяться природному середовищу, окремим людям чи людству в цілому. На думку вченого, екологічну безпеку можна розглядати як комплекс станів, явищ і дій, що забезпечують екологічний баланс на Землі і в будь-яких її регіонах на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технічно і політично готове (може без серйозних збитків адаптуватися) людство.

А. Б. Качинський [55] відносить екологічну безпеку до складу національної безпеки, що забезпечує захищеність життєво важливих інтересів людини, суспільства, довкілля та держави від реальних або потенційних загроз, що створюються антропогенними чи природними чинниками стосовно навколишнього середовища.

В. В. Добровольський вважає [34, 35], що поняття «безпека» (чи небезпека) не має конкретної одиниці виміру (розмірності) і тому повинне розглядатися як якісна категорія. Поняття ризик як імовірність шкоди

характеризується конкретною одиницею виміру, частіше всього економічною. Тому безпеку (небезпеку) слід розглядати як властивість об'єкта, а ризик – як показник цієї властивості.

Метою екологічної безпеки будь-якої системи першочергово є зниження захворюваності, смертності, збільшення тривалості життя та покращення його якості [110].

Дослідженням підвищення рівня екологічної безпеки питної води та систем питного водопостачання займаються такі українські вчені: С. Л. Василенко, Н. Г. Насонкіна, О. А. Ткачук, М. М. Гіроль, В. В. Гончарук, Ф. В. Стольберг, А. В. Яцик та ін. [1, 7, 13, 24, 25-28, 30, 64, 78, 88, 90, 99, 127, 128 135, 137, 143, 144, 148, 150-152].

В Україні та за кордоном здійснюються роботи, що спрямовані переважно на підвищення надійності та ефективності функціонування систем водопостачання. Цьому передували дослідження таких дослідників і вчених, як: П. І. Гвоздяка, Л. І. Глоби, О. М. Грабовського, С. С. Душкіна, О. Г. Євдокимова, Л. А. Кульського, П. Д. Хоружего та ін.

Такі науковці, як В. В. Гончарук, О. А. Ткачук приділяють основне значення удосконаленню технології водоочищення, пошуку нових реагентів, модернізації систем подачі, моніторингу якості вод у системах розподілу.

Н. Г. Насонкіна пропонує оцінювати екологічну безпеку систем питного водопостачання, використовуючи методіку комплексного оцінювання стану джерела водопостачання, що включає послідовне визначення параметрів: оцінювання обмежувальних показників, їх взаємозв'язок, вірогідність появи і тривалість несприятливих подій та ін.

Ф. В. Стольберг вважає доцільним використання біологічних методів очищення стічних вод. Вчений схиляється до думки про те, що для підвищення екологічної безпеки питної води, питного водопостачання необхідно упереджувати забруднення водних об'єктів, що є джерелами водопостачання.

С. С. Душкін пропонує зосередити увагу на очищенні стічних вод методами магнітних полів, адже проблема відсутності якісної питної води виникає через скиди неочищених стоків у водне середовище.

С. Л. Василенко зосереджує увагу на управлінні екологічною безпекою питного водопостачання шляхом контролю техногенного навантаження на комунальні водогосподарські підприємства з використанням картографічного моделювання забруднення поверхневих джерел.

Поняття безпеки екологічних систем невід’ємно пов’язано з принципами сталого розвитку. Більше того, до основних складових, які повинні забезпечувати сталий розвиток суспільства, належать: соціальна справедливість, екологічна безпека та економічна доцільність.

У 2015 році було затверджено нові Цілі сталого розвитку (ЦСР) людства на саміті ООН з питань сталого розвитку. Цілі сталого розвитку налічують 17 напрямків і 169 завдань, яких повинні дотримуватися всі країни світу.

15 вересня 2017 року було презентувано Національну доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна» [95], в документі представлено суть цілей та різні адаптивні механізми, яких необхідно дотримуватися для досягнення сталого розвитку. Серед перелічених ЦСР особливе місце займають ті, що стосуються питання раціонального водокористування та безпеки для споживачів, а саме:

- ціль № 6 Clean water and sanitation Забезпечення наявності та раціонального використання ресурсів і санітарії для всіх;
- ціль № 14 Life below water Збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах сталого розвитку.

Серед завдань, що перелічені в цілі № 6, виділимо такі: 6.1. «До 2030 року забезпечити загальний і рівноправний доступ до безпечної і недорогої питної води для всіх», 6.3. «До 2030 року підвищити якість води за допомогою ... значного збільшення рециркуляції та безпечного повторного використання стічних вод у всьому світі», 6.a. «До 2030 року розширити міжнародне співробітництво і підтримку в справі зміцнення потенціалу



країн, що розвиваються, щодо здійснення діяльності та програм у галузі водопостачання та санітарії, включаючи...» застосування технологій рециркуляції та повторного водокористування» [71, 95].

У завданнях ЦСР в основному порушується питання рівноправного доступу до безпечної питної води та раціонального використання води як ресурсу.

Безпечний стан в екологічних системах не можливий без дотримання основних принципів сталого розвитку людства, тому для визначення ступеню безпеки необхідно проводити оцінку появи негативних наслідків через розрахунок ризиків для елементів екосистеми. На рис. 1.1 представлено функціональну схему зв'язку екологічної безпеки та сталого розвитку.

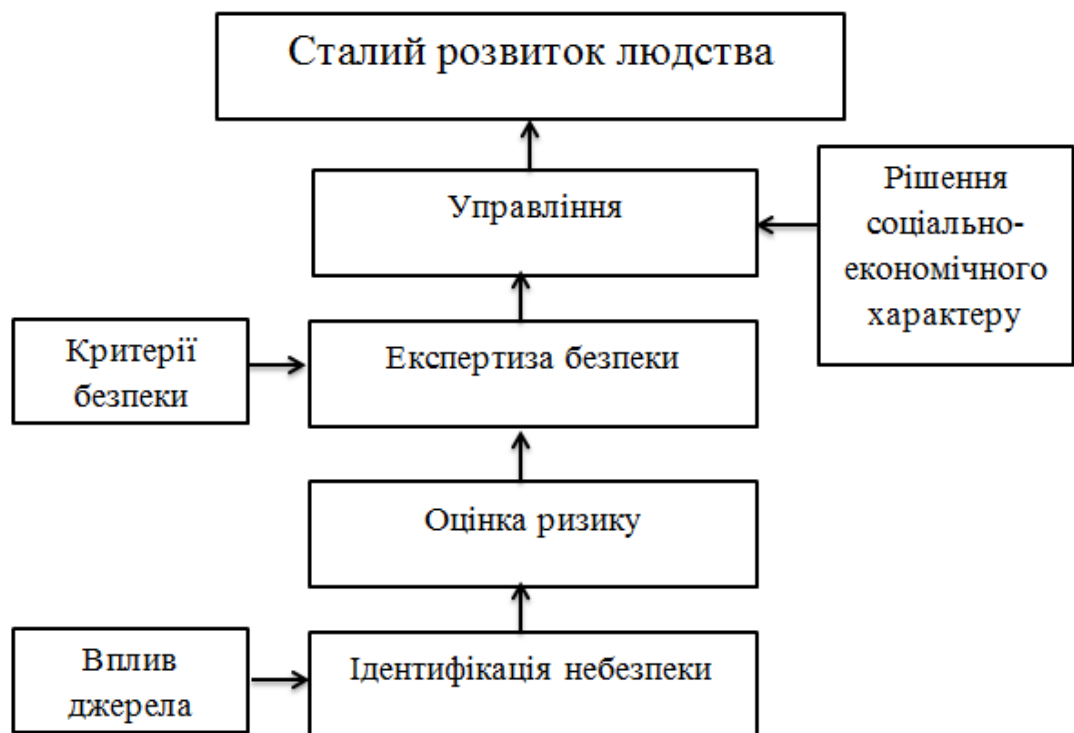


Рис. 1.1. Функціональна схема зв'язку екологічної безпеки та сталого розвитку

Шлях до сталого розвитку має формуватися з численних етапів: від визначення джерела небезпеки, оцінювання ризиків, експертизи безпечності

впливу до прийняття управлінських рішень різного характеру. Оцінювання ризику є інструментом визначення небезпеки, ідентифікатором рівня впливу у порівнянні з нормативними значеннями критеріїв безпеки. Використовуючи розрахункові дані оцінювання ризику, можна планувати заходи та приймати управлінські рішення для досягнення екологічно безпечного стану та забезпечення сталого розвитку системи.

Аналізуючи сталий розвиток людства з точки зору безпеки систем питного водопостачання, необхідно в першу чергу формувати критерії визначення рівня впливу якості питної води на організм людини, на основі яких розробляти стратегічне бачення змін, як в технічних аспектах водопідготовки, так і в доцільності використання води, доведеної до стандартів питної для технічних потреб.

У загальноприйнятому трактуванні екологічна безпека систем питного водопостачання – це такий стан питного водопостачання, при якому забезпечено максимально безпечне та ефективне функціонування даної системи, при зведенні до мінімуму негативного впливу на навколишнє середовище та виправданих економічних витратах.

Проте важаємо за доцільне вдосконалити це визначення, зосередивши увагу на необхідності зменшення негативного впливу на здоров'я водоспоживачів, тому в нашому науковому дослідженні під поняттям екологічної безпеки питного водопостачання варто розуміти, що:

Екологічна безпека питного водопостачання – це такий стан питного водопостачання, при якому встановлено діапазони безпечності ризику прояву негативних ефектів (захворюваність, смертність та ін.), при зведенні до мінімуму несприятливого впливу на компоненти екосистем, насамперед на людину, за умови використання необхідних, науково обґрунтованих економічних та енергетичних витрат.

Необхідно розуміти, що досягнення абсолютно безпечного стану в будь-якій системі, що пов'язана з природним середовищем, є недосяжною ціллю. Винятком можуть стати хіба що технологічні процеси, які мають чітко

сформульовані параметри та за своєю природою є замкнутими, закритими системами, які можуть повністю контролюватися людиною. Порушення стану безпеки, відхилення від діапазонів, в яких не спостерігається несприятливих ефектів – це перехід до небезпечного стану, який може приймати форму явища або дії потенційно шкідливої для людини. Небезпечність цього явища або дії оцінюється шляхом визначення збитків, шкоди та ін. Значущість, рівень небезпеки визначається через визначення безпеки, використовуючи оцінку ризику як основний інструмент.

Виявлення причин і наслідків відхилення від стану безпеки, пошуки механізмів оцінювання негативного впливу на всі компоненти екосистем та його зменшення, має бути основним завданням не тільки в наукових дослідженнях, а й на рівні державних управлінських рішень, дій та носити не тільки декларативний характер, а й практичний.

Підсумовуючи вищевикладене зауважимо, що в нашому дослідженні визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання проводитимемо через розрахунки екологічного ризику, як основного інструмента оцінювання екологічної безпеки в цілому.

Обґрунтуємо наше рішення такими тезами. Об'єкт нашого дослідження – екологічна безпека питного водопостачання. Як зазначалось раніше, мета екологічної безпеки – зниження захворюваності, смертності, збільшення тривалості та якості життя людини. Головним фактором впливу на людину в системі екологічної безпеки питного водопостачання є питна вода, її якість, яка залежить від низки чинників: технології водопідготовки, первинної якості води з джерела водопостачання, технічного стану водопровідних мереж та ін.

Зауважимо, що технології водопідготовки є тим чинником, зміни якого можна чітко системно відслідковувати та вносити необхідні корективи з метою дотримання діапазону безпечності.

Всі водні об'єкти, в тому числі і ті, що є джерелами водопостачання, піддаються колосальному антропогенному впливу, підтвердженням цьому є

статистичні дані національних та регіональних доповідей з водокористування та скидів стічних вод. Окрім того, водні об'єкти, які є джералами питної води для міст, здебільшого за своїм географічним розташуванням, знаходяться в межах не однією адміністративної одиниці, тому контроль за рівнем антропогенного впливу на них потребує загальнодержавних рішень.

Технічний стан систем водопостачання є причиною вторинного забруднення водопровідної води та значних втрат води в мережах розподілу, проте усвідомлюючи всю гостроту та актуальність цього питання як на регіональному, так і на державному рівні не проводиться постійного моніторингу цієї проблеми.

Вважаємо, що головним перспективним завданням для подальших наукових досліджень, є створення методології оцінювання із врахуванням всіх вказаних вище чинників впливу на якість питної води, з метою створення моделі комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання.

## **1.2. Особливості сучасної структури використання прісної води**

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить [13, 18, 19, 32, 33, 42, 45, 88, 91, 92, 93, 94, 102, 123, 129, 134, 187], що ситуація, яку спостерігаємо як у світовому господарстві, так і в Україні, носить загрозливий характер, адже щорічно збільшуються об'єми використання прісної води для задоволення людських потреб.

Спеціалісти Всесвітньої організації UNESCO особливу увагу приділяють дослідженню цієї проблеми. За даними UNESCO (World Water Resources and their use) світові водні ресурси розподілені так: 97,5 % – моря та океани; 2,5 % – прісна вода: льоди Арктики і льодовики гірських районів – 68,7 %; підземні прісні води – 29,9 %; 1,14 % – болота, вічна мерзлота [134, 187]. На рис. 1.2 зображено розподіл доступних світових запасів прісної води на континентах.

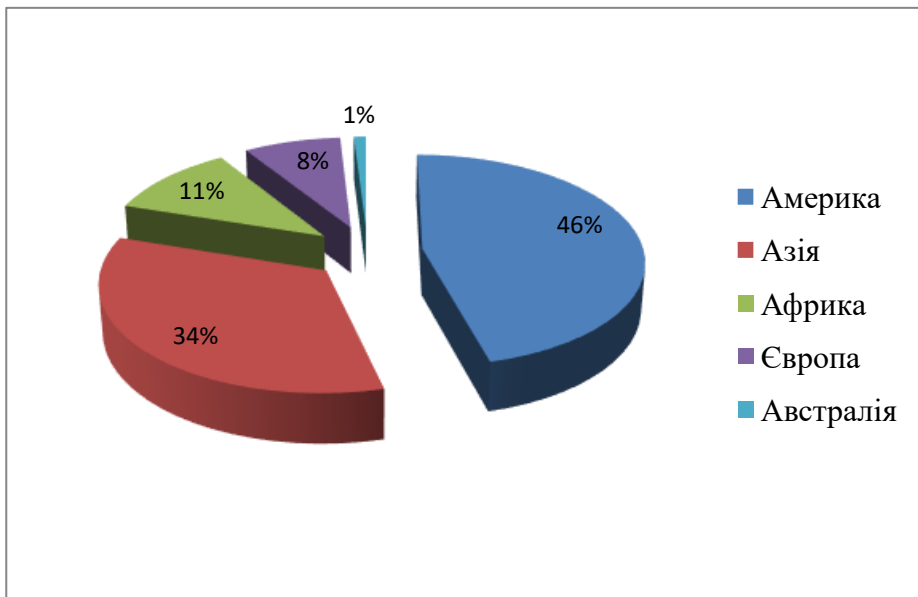


Рис. 1.2. Світові запаси прісної води по континентах [134, 187]

Найбільше запасів прісної води припадає на країни Америки та Азії. Україна, як інші країни Європи, мають набагато менші запаси, навіть в порівнянні з таким посушливим континентом, як Африка. Ми знаходимось в зоні ризику, тому необхідно максимально раціоналізувати використання прісної води.

За даними Національних доповіддей про стан якості питної води в Україні [92, 93, 94] з водних джерел найбільше прісної води відбирається для потреб Міністерства оборони, Міністерства інфраструктури, Міністерства енергетики та вугільної промисловості.

У галузевому розрізі у 2019 році основними водоспоживачами є підприємства сільського господарства, якими забирається 4380 млн. куб. м води або 39,42 % від загального забору по країні (у т.ч. найбільші з них – зрошувальні системи 3727 млн. куб. м), промисловості – 4277 млн. куб. м води (38,49 %, у т.ч. найбільші з них: теплоелектростанції, атомні електростанції, підприємства чорної металургії та вугільної промисловості),

комунального господарства – 2411 млн. куб. м води (21,70 %), та інших галузей – 43 млн. куб. м води (0,39 %). У цілому використання прісної води у 2019 році на різні потреби становило 6821 млн. куб. м, із них питної – 1675 млн. куб. м та технічної – 5146 млн. куб. м, 469,4 млн. куб. м води питної якості використано на виробничі потреби, із них 141,7 млн. куб. м із комунальних водопроводів (тобто, води спеціально підготовленої до питної якості). [93]. Такі статистичні дані підтверджують факт того, що в Україні прісна вода використовується у великих об'ємах, що є нераціональним з точки зору збереження ресурсу.

На рис. 1.3 зображено рівень використання прісної води від загального об'єму ресурсів в різних країнах світу.

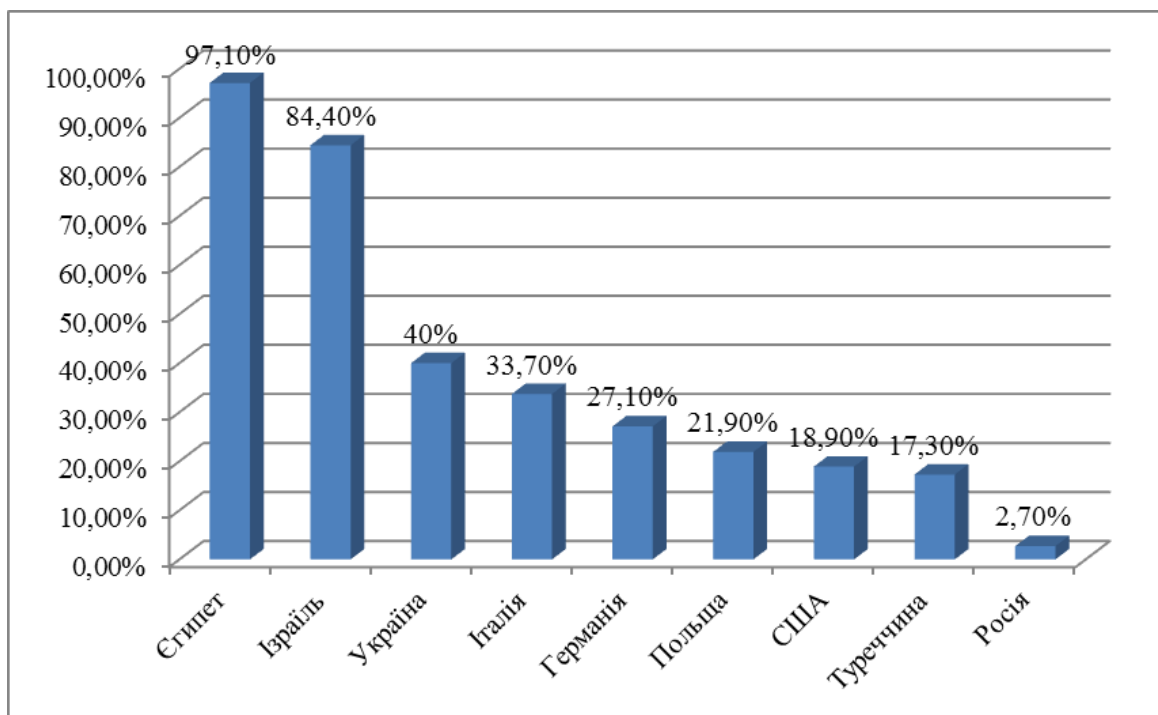


Рис. 1.3. Рівень використання прісної води від загального об'єму ресурсів [187]

Фактично Україна знаходиться на третьому місці по використанню запасів прісних вод, це свідчить про те, що такі темпи водокористування необхідно знижувати, адже запаси ресурсу є обмеженими. В таблиці 1.1 наведено перелік 10 країн, що мають найбільший запас прісної води, Україна до їх числа не належить.

Таблиця 1.1.

## Країни, що мають найбільший запас прісної води [187]

Країна	км <sup>3</sup>	%
Бразилія	6950	14,8
Росія	4500	9,6
Канада	2900	6,2
Китай	2800	6,0
Індонезія	2530	5,4
США	2480	5,3
Бангладеш	2360	5,0
Індія	2085	4,4
Венесуела	1320	2,8
М'янма	1100	2,3
Всього в світі	47000	100,0

Світові запаси води становлять три чвертини земної кулі, що постійно вкрита водою, хоча слід зазначити, що лише не значна частина водних ресурсів є джерелом водопостачання. Джерелами прісної води є річки, озера, водосховища, вони становлять 0,09 млн км<sup>3</sup> від загального об'єму води на Землі.

На одного жителя планети в середньому виходить 13–14 тис. м<sup>3</sup> прісної води в рік, але більшість цінного ресурсу використовується для потреб сільського господарства та промисловості. На рис. 1.4 наведено дані забезпечення прісною водою на 1 жителя в тисячах м<sup>3</sup> на рік.

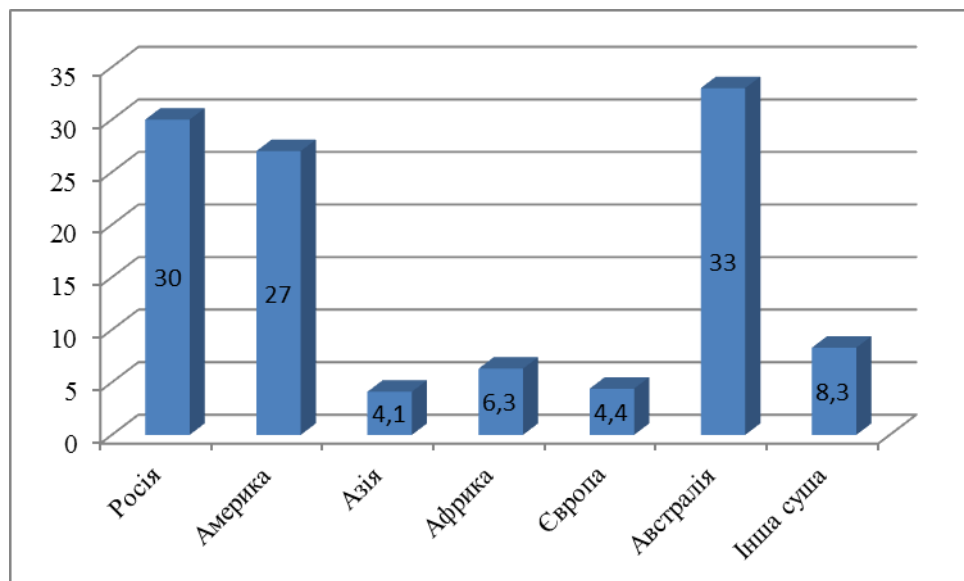


Рис. 1.4. Забезпеченість прісною водою на 1 жителя, тис. м<sup>3</sup> на рік [187]

Аналізуючи дану діаграму можна зробити висновок, що забезпеченість прісною водою є нерівномірною, що спричинено низкою факторів, починаючи з природних (геологічних, кліматичних та ін.), закінчуючи антропогенними. Проте переважаюче використання прісної води спрямоване саме на виробничні потреби, які щорічно зростають внаслідок стрімкого розвитку споживацької культури людства.

На рис. 1.5 наведено структуру використання води жителями різних регіонів нашої планети для ведення домашнього господарства та інших потреб (сільське господарство, промисловість).

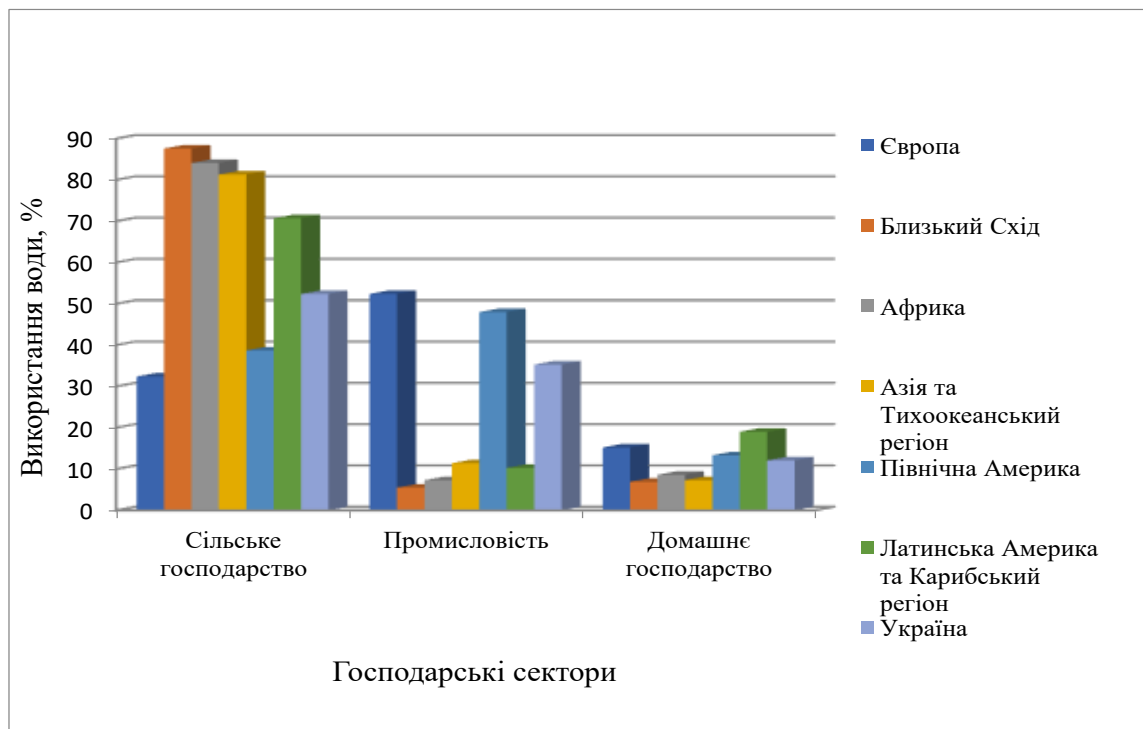


Рис. 1.5. Використання прісної води в господарських секторах регіонів світу [187]

На рисунках 1.6 та 1.7 представлено дані структури водоспоживання, використання води в Америці, Австралії та різних країнах Європи, Азії [74, 155, 156, 162, 165, 170, 173, 177, 187].



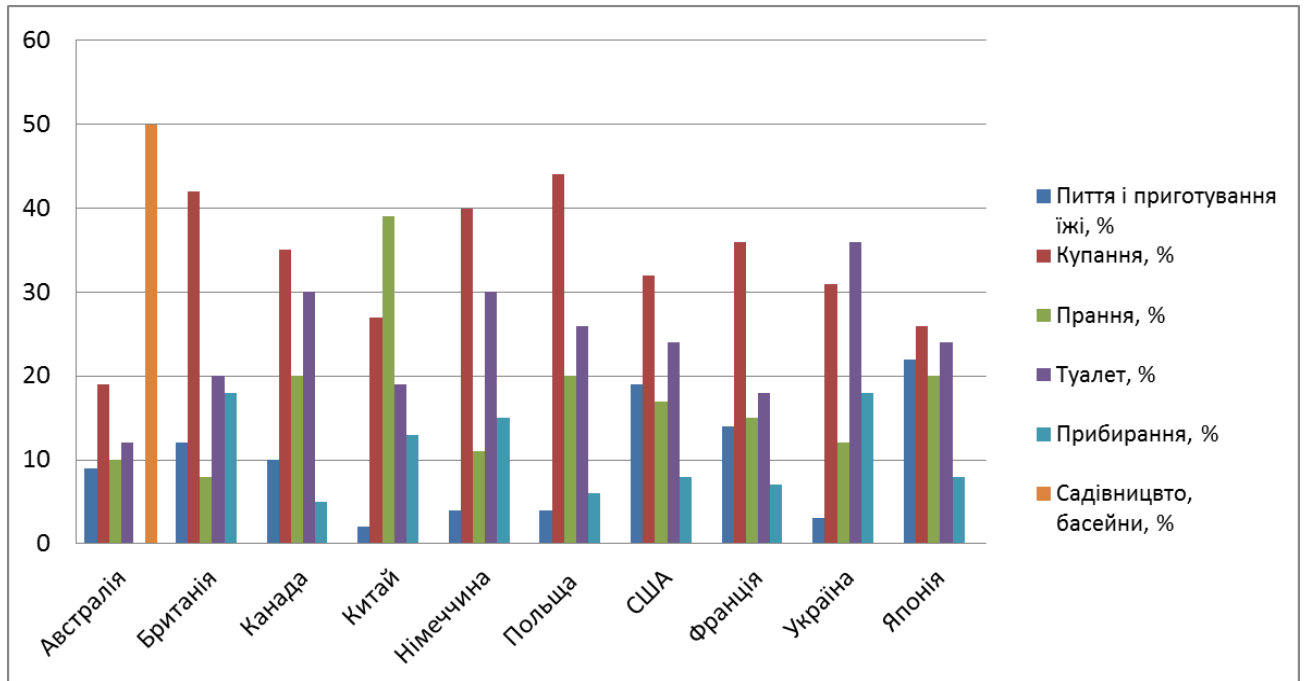


Рис. 1.6. Порівняльний аналіз структури використання води в домогосподарствах різних країн

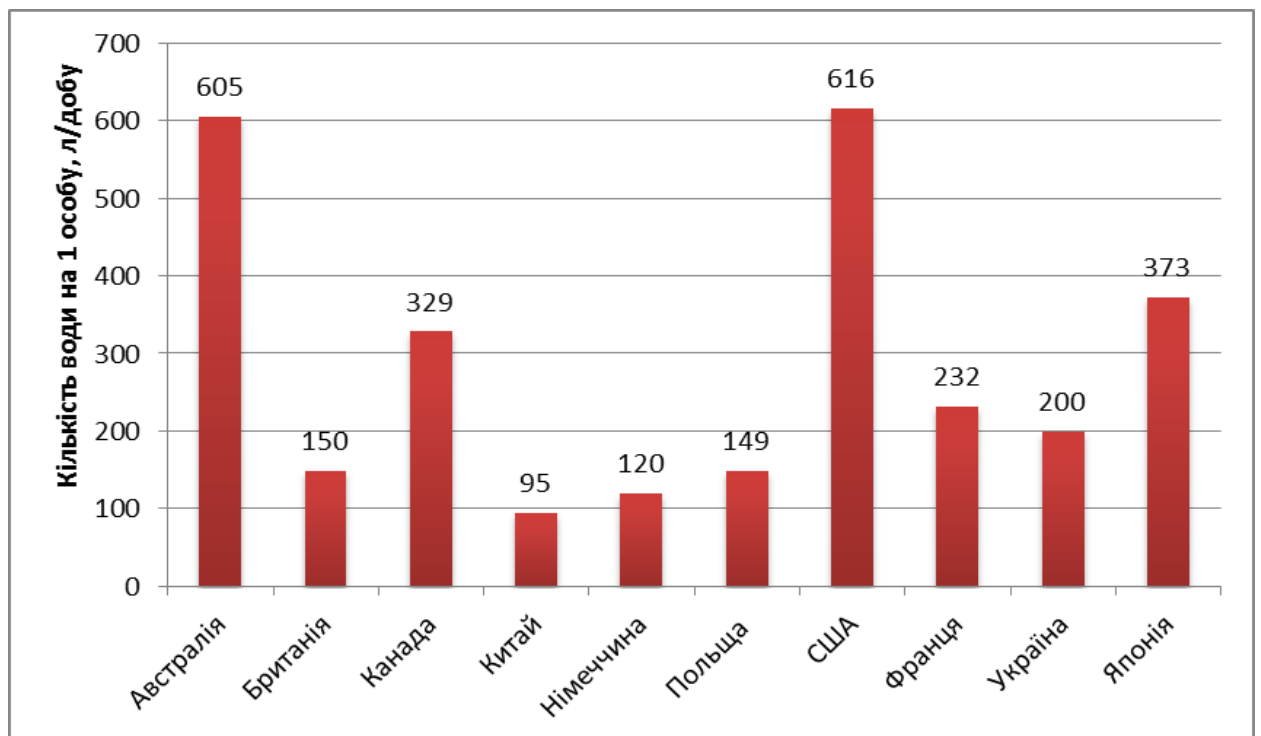


Рис. 1.7. Кількість води, що витрачається на 1 особу в домогосподарствах різних країн

Лідером з використання прісної води є Північна Америка, а саме Сполучені Штати Америки. В місті Нью-Йорк щоденно використовується понад 600 л на одного жителя, що є найбільшим показником у всьому світі, при тому що кількість населення мегаполісу становить більше 8 мільйонів [175].

Аналізуючи структуру системи водопостачання України, зауважимо, що основу становлять поверхневі води, це близько 80 %. Переважаюча частина водойм України за рівнем забруднення наблизились до III класу, при тому, що існуючі технології підготовки питної води розраховані на доведення природної води до якості питної лише тоді, коли вихідна вода відповідає I–II класу [3]. Значна частина населення вживає воду з річки Дніпро, цей водний об'єкт має шість водосховищ [41]. Звичайно вода, яка потрапляє з водного об'єкту до систем водопідготовки підприємств водопостачання, проходить чимало стадій очищення, серед найбільш поширених:

- посилене коагулювання води підвищеними дозами коагулянтів із застосуванням флокулянтів;
- ультрафільтрування (нанофільтрування);
- окиснювання озоном чи перекисом водню з подальшим біофільтруванням;
- видалення органічних речовин на селективних аніонітах-органопоглиначах;
- адсорбція органічних речовин на активованому вугіллі.

Як зазначалось раніше, Україна належить до числа держав з незначними запасами прісної води, гострий дефіцит цього ресурсу спостерігається в південному регіоні держави – Херсонській, Миколаївській, Одеській областях, АР Крим. Частково проблема з кількістю прісної води для обласних центрів вирішилася за рахунок побудови водоводів з річки Дніпро. Так, починаючи з 80-х років XX століття почали подавати дніповську води в Миколаїв. Проте в більшості невеликих містечок, райцентрів та сіл, питання

водозабезпечення й досі є невирішеним. Це в першу чергу пов'язано з георгафічним розташуванням південних областей [65].

Проаналізуємо як приклад Миколаївську область, яка належить до степової зони. Територія зони характеризується складними гідрогеологічними умовами формування підземних вод, що обумовлено геолого-структурними особливостями, природно-кліматичними та техногенними факторами. За гідрогеологічними характеристиками область належить до Причорноморського артезіанського басейну і частково в північній частині до Українського кристалічного масиву [65].

Аналізуючи водні ресурси області необхідно зазначити, що вони є дуже обмеженими – залежать переважно від притоку з інших регіонів країни. За питомими показниками водних ресурсів (на одиницю площі і на одного мешканця) область займає одне із останніх місць серед областей України) [23].

Водопостачання більшості населених пунктів області, в тому числі Миколаєва, здійснюється з поверхневих водних джерел, а саме: р. Дніпро, р. Південний Буг, р. Синюха, р. Інгул. В сільських населених пунктах та районних центрах використовують підземні джерела.

У 2019 році для потреб населення та народного господарства області з поверхневих водних об'єктів забрано 221 млн м<sup>3</sup> води. На рис. 1.8 зображено динаміку водозабору в Миколаївській області за період 1999–2019 р.

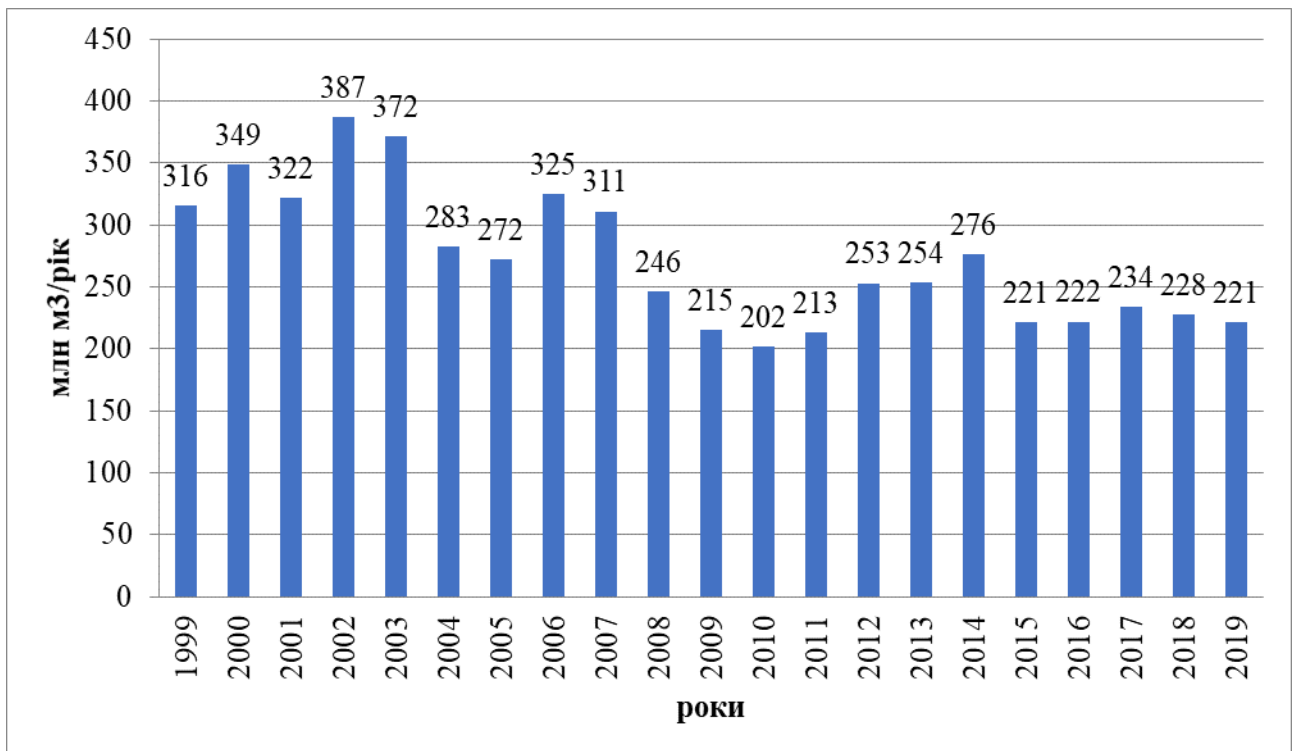


Рис. 1.8. Динаміка водозабору поверхневих вод по Миколаївській області [6]

Спостерігаємо тенденцію зменшення водозабору, що на перший погляд може свідчити про поступову перспективу раціоналізації використання прісної води, проте ми повинні розуміти, що процес зменшення водозабору переважно спричинений занепадом виробничих галузей України, а також зменшення річних стоків водних об'єктів.

Найбільш водоспоживаючі галузі економіки в області – це промисловість та енергетика, на їх потреби за звітний період використано близько 50,03 % від загального обсягу використаних вод (табл. 1.2). Порівнюючи з минулорічними обсягами водоспоживання, на потреби промисловості та енергетики 2019 року використано на 8,13 млн м<sup>3</sup> більше ніж 2018 року, що пояснюється збільшенням обсягів водозабору в енергетичній галузі, а саме ДП “НАЕК”, “Енергоатом”, ВП “ЮУАЕС”.

Таблиця 1.2. [6]

Використання та відведення води підприємствами галузей економіки  
2019 року, млн м<sup>3</sup>

Галузь економіки	Використано води, всього	У тому числі		Відведено зворотних вод у поверхневі водні об'єкти		
		господарсько-питні потреби	виробничі потреби	всього	у тому числі забруднених	з них без очищення
Енергетика	70,05	0,355	69,69	43,36	-	-
Металургійна промисловість (кольорова)	4,866	0,460	4,406	-	-	-
Машинобудування	8,982	0,467	8,515	6,824	-	-
Житлово-комунальне господарство	33,23	23,06	10,17	24,82	19,66	0,053
Сільське господарство	53,6	4,177	0,288	-	-	-
Харчова промисловість	3,172	0,183	2,989	0,108	-	-
Транспорт	0,242	0,161	0,079	0,001	-	-
Промисловість будівельних матеріалів	0,639	0,044	0,595	-	-	-
Інші галузі	0,519	0,243	0,348	-	-	-
<b>Всього</b>	<b>175,3</b>	<b>29,15</b>	<b>97,08</b>	<b>75,14</b>	<b>19,66</b>	<b>0,053</b>

2019 року у зв'язку з підвищенням тарифів за водоспоживання та більш економне водокористування, для потреб житлово-комунального господарства використано 33,23 млн м<sup>3</sup> води, що на 3,43 млн м<sup>3</sup> (9,4 %) менше порівняно з відповідними обсягами водоспоживання 2018 року.

Порівняльну характеристику динаміки використання прісної води для потреб різних галузей зображено на рис. 1.9 [6].

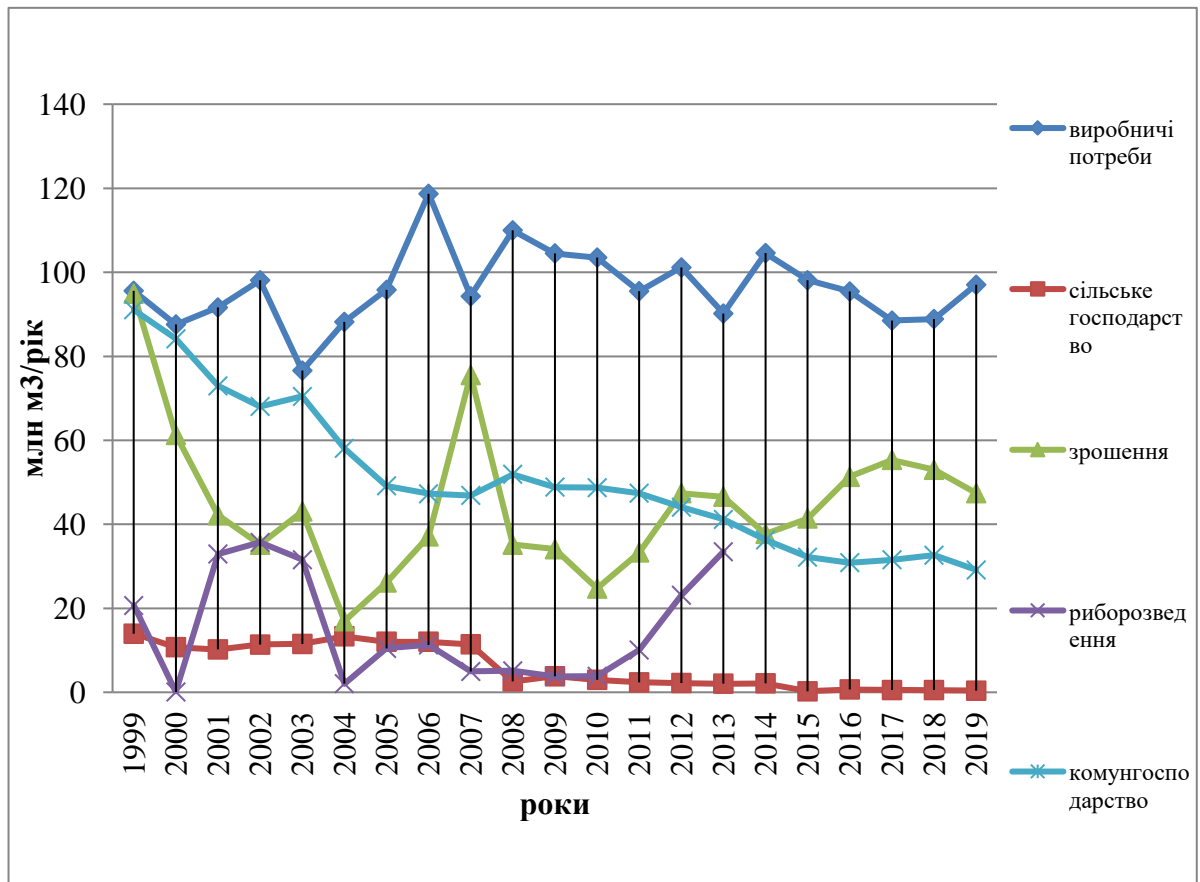


Рис. 1.9. Динаміка використання прісної води для потреб різних галузей

За досліджуваний період 1999–2019 рр. спостерігається зменшення витрат прісної води для таких потреб, як господарсько-питні, зрошення та виборозведення. Майже втричі скоротилось затрати прісної води в господарсько-питній галузі (1999 рік – 92 млн м<sup>3</sup>, 2019 рік – 33,23 млн м<sup>3</sup>).

В області господарсько-питне водопостачання населення здійснюється 72 комунальними, 99 відомчими, 267 сільськими та 1 міжрайонними водопроводами. На 8 комунальних, 3 сільських, 1 відомчому та 1 міжрайонному водопроводах джерелами водопостачання є поверхневі водойми, на всіх інших – 1115 підземних джерел водопостачання.

Підземні води, які добуваються на території Миколаївської області, головним чином йдуть на задоволення господарсько-побутових та питних потреб населення.

За станом на 01.01.2020 на території Миколаївської області експлуатувалося 1223 свердловин, на 203 свердловини менше, ніж у 2018 році.

Розподіл водозаборів по площі дуже нерівномірний, в середньому по області (за даними попередніх років) на 10,5 км<sup>2</sup> площі знаходилася 1 свердловина для господарсько-питного водопостачання.

У додатку Д наведено дані динаміки використання водовідведення води в Миколаївській області.

Порушення правил експлуатації системи водовідведення є однією з причин погіршення природного стану водного середовища в Миколаївській області. Забруднення відбувається безпосередньо через скид недостатньо очищених стічних вод та несанкціонований скид. Ситуацію ускладнює часткова відсутність мереж централізованого водовідведення та якісної очищення господарсько-побутових і виробничих стоків, особливо в сільській місцевості [67].

Для маловодної Миколаївської області є актуальною проблема забруднення водних ресурсів через скид стічних вод, яку значно ускладнює відсутність якісного очищення господарсько-побутових і виробничих стоків.

Починаючи з 2010 року на території Миколаївської області не зафіксовано скиди зворотних вод без очищення (аварійні скиди стічних вод).

Згідно наданих звітів за формою 2ТП–водгосп (річна), з 2019 року на території Миколаївської області, скид зворотних вод у поверхневі водні об'єкти здійснювали 18 водокористувачів, з яких із перевищенням встановлених нормативів якості зворотних вод, стоки скидалися виключно підприємства комунальної сфери.

Загальний об'єм скиду забруднених стічних вод 2019 року – 19,66 млн м<sup>3</sup>, у складі якого в перше за останні вісім років з'явився скид зворотних вод забруднених без очищення.

Об'єми скидів недостатньо очищених стічних вод по області поступово зменшуються. Така тенденція пояснюється переважно економічними

причинами, серед яких головними є зменшення виробничих потужностей та збільшення вартості послуг з водопостачання і, як наслідок, впровадження заходів, спрямованих на економніше водокористування на промислових підприємствах та населенням.

Так, 2019 року обсяг скиду недостатньо очищених стічних вод склав 19,61 млн м<sup>3</sup>, що 1,61 млн м<sup>3</sup> (7,6 %) менше ніж скинуто 2018 року та на 2,75 млн м<sup>3</sup> (12,3 %) менше за відповідні обсяги скидів 2017 року.

Загальний обсяг скидів зворотних вод, без урахування об'ємів, які використані ставковими господарствами, 2019 року становив 78,26 млн м<sup>3</sup>, що порівняно з 2018 роком менше на 10,2 млн м<sup>3</sup> (13 %).

Найбільший обсяг скиду нормативно чистих без очищення зворотних вод в області здійснюється ВП «Южно-Українська АЕС», до складу якої належать Олександрівська ГЕС та Ташлицька ГАЕС.

Скиди зворотних вод з перевищенням встановлених нормативів, здійснюються переважно підприємствами комунальної сфери.

Очищення господарсько-побутових стоків перед скидом до поверхневих водойм в області здійснюють 8 підприємств: МКП «Миколаївводоканал», КП «Міський водоканал» (м. Баштанка), КП «Первомайський міський водоканал», ТОВ «БОС» (м. Вознесенськ), КП «Очаківводоканал», Южноукраїнське ПВКГ та ТМ, КП «Прибузьке» (м. Нова Одеса) та КП «Ольшанське» (Миколаївський район). Комунальні очисні споруди каналізації існують переважно в обласному та районних центрах. Амортизація очисних споруд каналізації складає від 42 % до 62 %.

Згідно з результатами моніторингових досліджень за станом роботи обласних очисних споруд каналізації, майже всі з вказаних об'єктів, здійснюють очищення стоків до категорії – недостатньо очищені.

Комунальним підприємством, що здійснює найбільший скид недостатньо очищених стоків до водних об'єктів області є МКП «Миколаївводоканал», що експлуатує очисні споруди каналізації м. Миколаєва.



Доля скиду зворотних вод згаданого підприємства складає близько 90 % від загального об'єму скидів зворотних вод від усіх підприємств житлово-комунального господарства області.

Очисні споруди каналізації (ОСК) м. Миколаєва, які введено в експлуатацію 1973 року, розташовані біля с. Галицинове Вітовського району на площі 13,7 га. Проектна потужність очисних споруд становить 118,0 тис. м<sup>3</sup>/добу, фактична – 104,0 0 тис. м<sup>3</sup>/добу. Метод очищення стоків – механічний і біологічний [61]. На рис. 1.10 зображено візуалізовану технологічну схему очисних споруд МКП «Миколаївводоканал» .

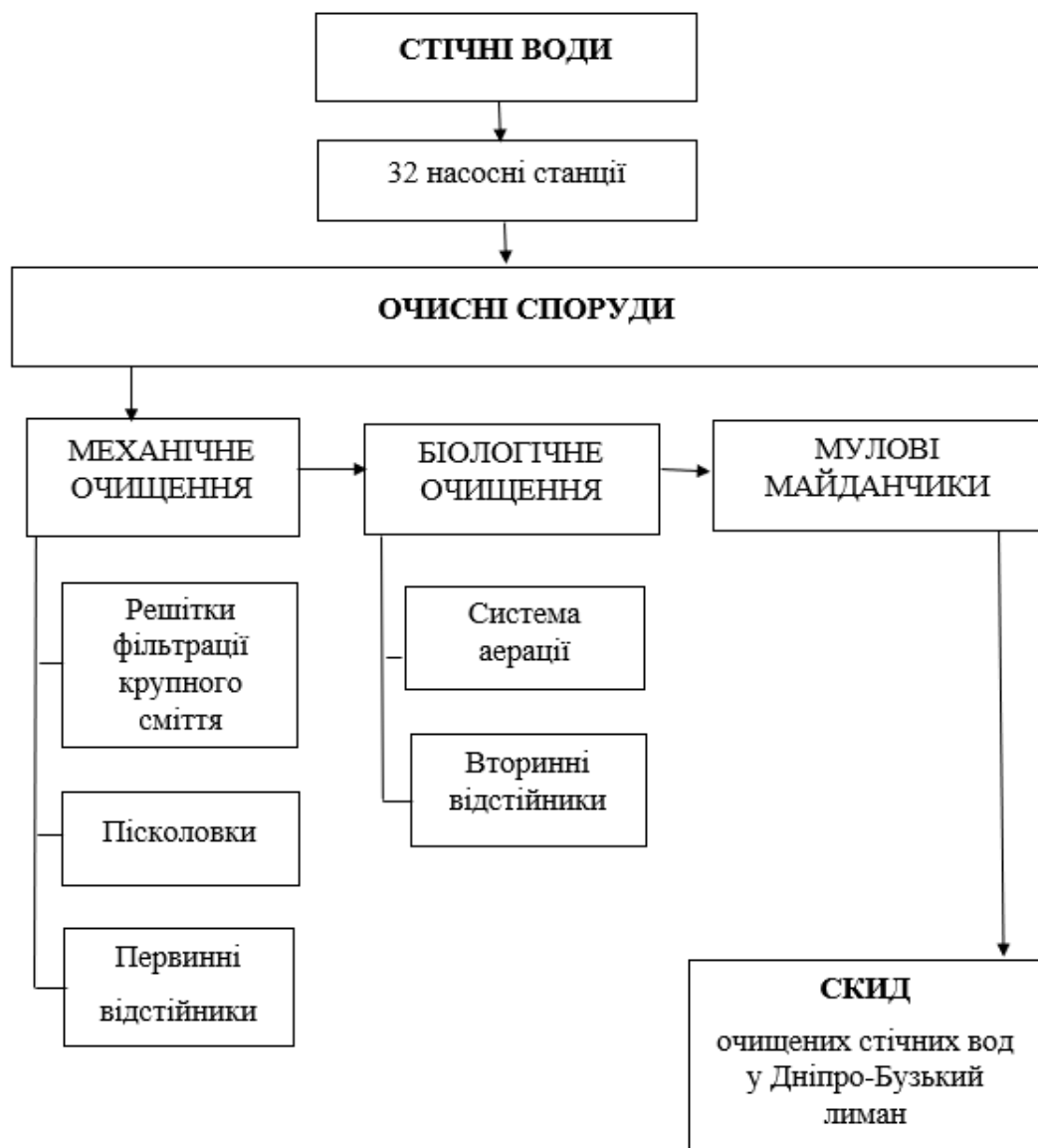


Рис. 1.10. Схема очисних споруд МКП «Миколаївводоканал»

До структури ОСК входять: приймальна камера, будинок ґрат, 2 преаератора, 3 горизонтальні пісковловлювачі, 4 первинні радіальні відстійники, насосна станція сирого осаду, аеротенк із розсередженим випуском стічних вод, 6 аеротенків-витиснювачів, 3 вторинні радіальні відстійники, прийомний резервуар циркуляційного мулу, блок насосно-повітродувних станцій, мулова насосна станція, цех механічного зневоднювання осаду, 7 мулових майданчиків, адміністративно-лабораторний корпус.

Система каналізації м. Миколаєва не задовольняє потужностям міста, і як наслідок, стоки після очищення на очисних спорудах каналізації скидаються як недостатньо очищені.

Протягом останніх років МКП «Миколаївводоканал» є головним забруднювачем водних ресурсів області, обсяг скиду забруднених стічних вод якого становить більше 90 % від загальної кількості скинутих забруднених стоків в області.

До основних причин незадовільної роботи очисних споруд каналізації м. Миколаєва належать: аварійний стан глибоководного випуску стоків після очищення та недостатня потужність очисних споруд на стадії вторинного відстоювання.

З метою розв'язання зазначених проблемних питань було проведено заходи «Реконструкція діючих очисних споруд каналізації м. Миколаєва» і «Реконструкція глибоководного випуску в Бузький лиман від очисних споруд каналізації м. Миколаєва» в період 2018–2020 роки [120, 121].

Згідно з проектом реконструкції передбачено збільшення потужності ОСК до 200,0 тис. м<sup>3</sup>/добу та впровадження повної біологічної очищення стічних вод.

Для забезпечення техногенно-екологічної безпеки і сталого функціонування водопровідно-каналізаційного господарства міста Миколаєва, в 2006–2012 роках МКП «Миколаївводоканал» і виконкомом міської ради проведена підготовча робота щодо реалізації спільного з

Європейським інвестиційним банком інвестиційного проекту «Розвиток системи водопостачання та водовідведення в місті Миколаїв». Загальна вартість робіт згідно проекту становить 31,08 млн євро, в т. ч. кредит ЄІБ – 15,54 млн євро. Вартість здійснення робіт по системі водовідведення міста становить за проектом близько 8,7 млн євро (частина цих робіт заплановано виконати за власні кошти водоканалу).

Наприкінці 2014 року отримано перший транш Європейського інвестиційного банку для фінансування проекту.

Протягом 2015 року МКП «Миколаївводоканал» проведено ремонт пісколовок, заміна насосного обладнання на Варварівських очисних спорудах каналізації, ремонт каналізаційних мереж із заміною ділянок труб.

У 2016 році на Варварівських очисних спорудах каналізації (ОСК) проведено ремонт пісколовок та насосного обладнання; на кредитні кошти Європейського інвестиційного банку розпочато проведення реконструкції блоку механічної обробки стоків на Галицинівських ОСК.

У 2017 році МКП «Миколаївводоканал» здійснювались роботи з реконструкції будівлі грабельної та прийомної камери. Загальна вартість реалізації становила 61,13 млн грн. Завершення реконструкції будівлі грабельної та прийомної камери було заплановане на II квартал 2018 року.

Протягом 2018–2019 років на каналізаційних очисних спорудах м. Миколаїв здійснено реконструкцію будівлі решіток механічного очищення, піскоуловлювачів, приймальної камери очисних споруд каналізації та масштабну реконструкцію самопливних колекторів м. Миколаїв.

У Миколаївській області до основних галузей водокористування належить комунальна галузь. Аналізуючи структуру водозаборору в області з 1999–2019 рр., спостерігаємо тенденцію до зменшення, що свідчить про поступову перспективу раціоналізації використання прісної води для таких потреб, як господарсько-питні, зрошення та риборозведення. Майже втричі скоротилися затрати прісної води в господарсько-питній галузі.

Зі зменшенням обсягів виробництва обсяги водозабору поступово зменшуються, проте ці факти не впливають на припинення скиду недоочищених стоків. За досліджуваний період 2000–2019 рр. в Миколаївській області, починаючи з 2010 року, майже повністю припинено скид зворотних вод без очищення (аварійні скиди), що є надзвичайно важливим фактором зменшення навантаження на навколишнє середовище. Проте залишається відкритим питання саме структури використання прісної, питної води з централізованих мереж водопостачання для потреб не тільки комунальної галузі, а й енергетики, машинобудування, зрошення та ін.

Аналізуючи перспективи раціоналізації використання прісної води в Україні та Миколаївській області в т. ч., слід зазначити, що покращення ситуації спостерігається за рахунок занепаду виробничих підприємств. Проте ті, що й далі функціонують необхідно жорстко контролювати на кожному етапі виробництва, особливо процеси і технології очищення стічних вод, з метою попередження потрапляння забруднювачів у поверхневі та підземні води.

### **1.3. Вплив технічного стану систем водопостачання на якість питної води**

Технічний стан систем водопостачання є одним з найважливіших чинників якості питної води. Саме від налагодженості роботи системи очищення, вчасного транспортування по водопровідній мережі, яка не викликатиме вторинного забруднення, залежить якість питної води та стан здоров'я населення, яке її споживатиме.

Миколаївська область належить до числа таких, що мають найбільш зношену водопровідну систему, через що спостерігаємо високий рівень вторинного забруднення питної води. Важливою проблемою водопровідних систем є погіршення технічного стану, що призводить до зниження ефективності та підвищення втрат води, спостерігається велика кількість

випадків проривів на трасах водопостачання та значних витоків. Втрати води у розподільчих мережах в середньому коливаються в межах 30–50 % від загального обсягу, що подається в мережу, в Миколаївській області втрати води становлять близько 39,6 % [24, 132].

Показник втрат води у міських мережах українських міст є дуже високим і знаходиться в межах 0,4–3,0 м<sup>3</sup>/км/год порівняно з показниками у Західній Європі, які становлять 0,1–0,4 м<sup>3</sup>/км/год [122].

Кількість зношених та аварійних мереж у міських населених пунктах Миколаївської області становить 128,8 км (9,4 %), у сільських населених пунктах 26,3 км (17,7 %) [6].

Встановлена пропускна спроможність мереж каналізації 338,3 тис. м<sup>3</sup> на добу при відповідній потужності очисних споруд 225,6 тис. м<sup>3</sup> на добу, що свідчить про випереджаючі темпи розвитку систем водовідведення над системами очищення стічних вод [109, 121].

Причиною виникнення небезпеки зараження питної води, що подається в розподільчу систему, можуть стати збої у графіку подачі, епізодичність режиму водопостачання. В такій ситуації у порожній трубі утворюється від'ємний тиск. Якщо водопровідна труба розташована, з порушенням експлуатаційних вимог, в одному горизонті, то можливе засмоктування у неї нечистот і зараження питної води. Тому дуже важливим є створення умов безперебійного водопостачання та запобігання виникненню епідеміологічних ситуацій.

Іншою важливою проблемою є підвищення часу перебування води у водопровідних мережах, так званий застій води. Це також може викликати зараження води і виникнення ризиків для здоров'я населення, яке споживатиме цю воду.

Така зміна зазначених параметрів роботи мережі позначається на властивостях води в ній: змінюється гідравлічний режим роботи мережі, зменшується кількість розчиненого у воді кисню, змінюються склад та концентрація домішок, посилюються біохімічні процеси на внутрішній

поверхні труб тощо [24]. Зміна зазначених параметрів негативно позначається на якості води: спостерігається її вторинне забруднення. За таких умов якість води, що потрапляє до споживачів, надто відрізняється від якості води яка поступає в мережу. Зміна якості води супроводжується зміною стану самої мережі: відбуваються незворотні процеси її руйнування. Проблема погіршення якості води в системах зберігання та її розподілу стосується переважно старих протяжних водопровідних мереж зі сталевих або чавунних трубопроводів.

Запобігання виникнення проблем з водопостачанням, що були вищезазначені, можливе при раціональному проектуванні водопровідних мереж, правильному підборі не лише методів очищення, а й схем водопроводів, вибір матеріалів, з яких їх виготовлено.

Якість води, що потрапляє в розподільчу мережу є важливим чинником довговічності та ефективності експлуатації мережі. Процеси корозії, заростання, вимивання матеріалу труб, формування біоплівки та осадів переважають у водопровідних мережах, під час будівництва яких було застосовано металеві труби. З плином часу біоплівка мінералізується, її частинки відриваються від поверхні трубопроводу. Подібний процес спостерігається і з осадом, який під впливом несталої швидкості руху води також періодично збурюється. Збурені частинки осаду, відірвані частки біоплівки, сфлюкульовані частинки інших домішок та частки окислу металу потрапляють в потік води, що рухається в трубопроводі, забруднюючи його [24, 25].

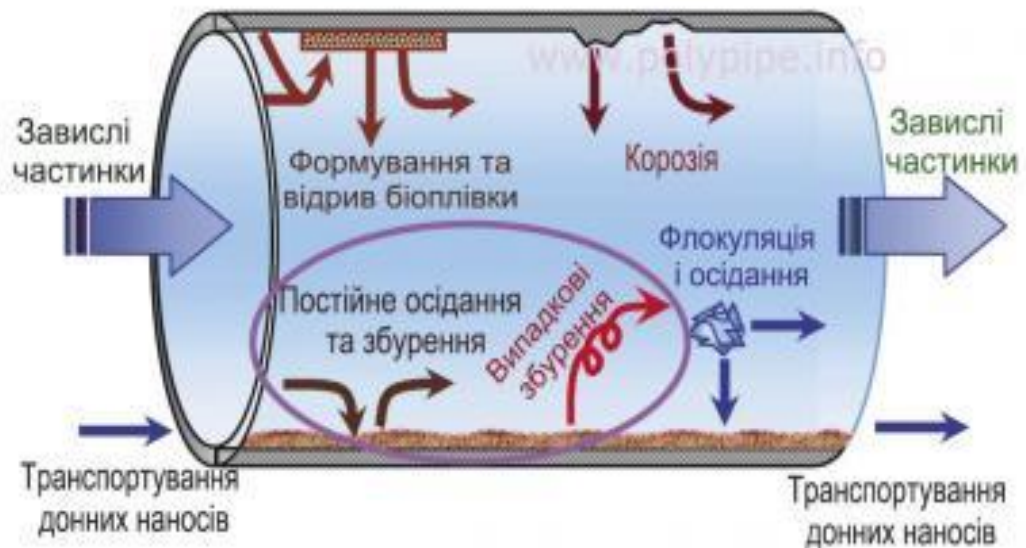


Рис. 1.11. Процес вторинного забруднення води в водопроводах [24, 25]

У разі виникнення ситуації, що супроводжується збоями в постачанні води, слід за поновлення водотоку почекати доки пройде промивна вода, оскільки вона є забрудненою. В залежності від матеріалу труб спостерігаємо різні рівні забрудненості (табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

Вміст заліза у промивній воді труб, виготовлених з різних матеріалів [25]

Матеріал труб	Концентрація заліза, мг/л	
	загального	розчиненого
полімери	0,099±0,102	0,006±0,004
сталь	0,578±0,361	0,210±0,040

Можна зробити висновок, що труби, виготовлені з полімеру є безпечнішими у експлуатації в порівнянні зі сталевими трубами. Тому їх використання є не тільки екологічно обгрунтованим, а й економічно виправданим.

Запобігти розвитку процесів корозії труб, їх заростання та вимивання у водопровідних мережах, можна шляхом застосування технологій

коригування якості та властивостей води, запровадження захисту поверхні контакту трубопроводу з водою тощо [25].

У водопровідних мережах Миколаївської області поширені сталеві труби. Розподіл труб, що використовуються в водопроводах України наведено на рис. 1.12. Використання сталевих труб призводить до зменшення надійності і тривалості експлуатації трубопроводів, що призводить до погіршення якості питної води [25].

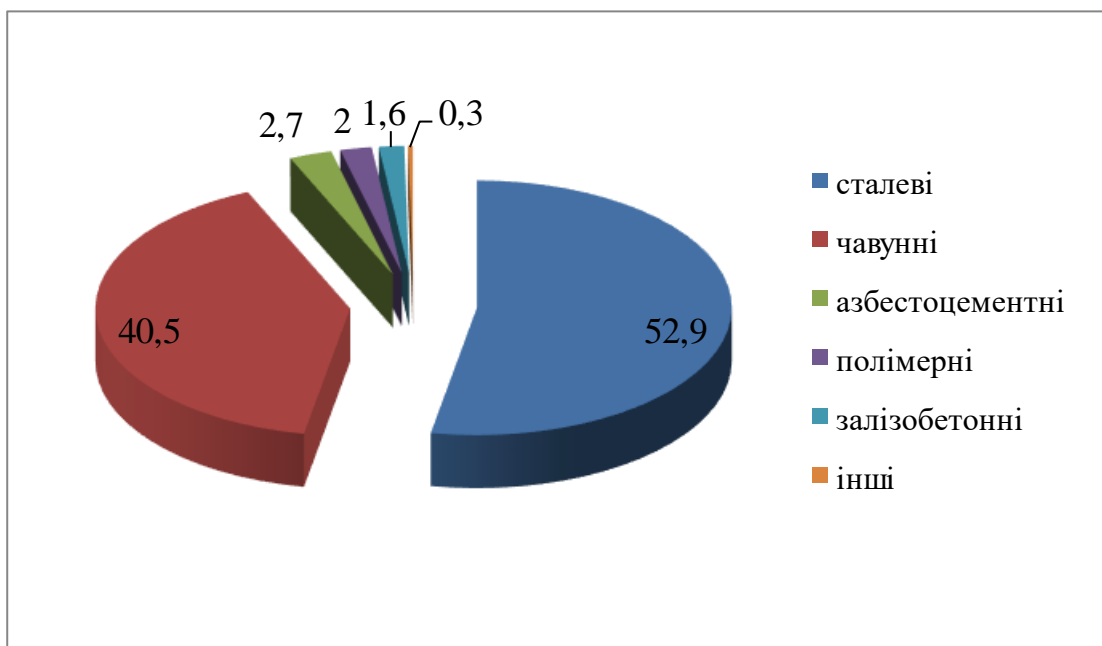


Рис. 1.12. Розподіл труб у водопровідній мережі України, %

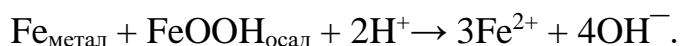
Матеріал труб, які використовуються в розподільчих мережах, значно впливає не тільки на кількість осаду, але і на його зовнішній вигляд. Продукти корозії труб потрапляють у питну воду забруднюючи її. За певних умов частки забрудненої води випадають в осад, формуючи певну його структуру та колір. Цей процес відбувається майже у всіх трубах, що виготовлені з різних матеріалів. Так, мідь переважно добре протидіє корозії. Проте кородує при транспортуванні м'якої води, за наявності в ній хлору, розчиненого кисню, або за низького рН. Низьковуглецева сталь кородує також при значній кількості розчиненого кисню. Агресивна вода може



призвести до поверхневої ерозії чавунних труб. Найстійкішими щодо корозійних впливів є труби з полімерних матеріалів [25].

У джерелах [24, 25], проаналізовано інформацію щодо кількості осаду, зібраного з внутрішньої поверхні труб виготовлених з міді, полімерів. Автори стверджують, що найбільша його кількість відзначається для сталевих трубопроводів ( $2 \text{ см}^3/100 \text{ см}^2$  поверхні трубопроводу), а найменша – для мідних ( $0,2 \text{ см}^3/100 \text{ см}^2$  поверхні трубопроводу).

Зростання кольоровості і каламутності водопровідної води може бути пов'язано з присутністю в ній загального заліза. Тривалий час перебування води в водопровідній мережі та зменшення концентрації в ній кисню сприяють цьому процесу. Так, в мережі з металевих трубопроводів між продуктами корозії і металічним залізом відбувається реакція (реакція Куча):



У результаті цієї реакції у воду потрапляють не тільки іони  $\text{Fe}^{2+}$ , але й колоїдні частинки осаду. Наявність у воді цих часток сприяє формуванню кольоровості води (ефекти “червоної води”), яка проявляється особливо під час її подачі в трубопровід після його тривалого вимкнення [24].

Залежно від матеріалів труб, постійно виникає загроза потрапляння в питну воду різних забруднювальних речовин. Для мідних трубопроводів – мідь, для сталевих та чавунних трубопроводів – залізо (оцинкованих – цинк та залізо), азбестових – азбестове волокно тощо [24].

Сьогодні одними з найбільш безпечних трубопроводів є такі, що побудовані з використанням полімерних труб. Оскільки саме такі труби забезпечують біологічну стабільність питної води, що характеризується відсутністю умов для вторинного розвитку біоценозів під час її транспортування та зберігання.

У джерелах [3, 13, 23, 72] серед основних викликів забезпечення водної безпеки для людини в Україні виділяють проблеми якості питної води, що обумовлені низькою якістю води в джерелах, особливо поверхневих, та

технічним станом розподільчої системи. Вирішенням цієї проблеми може стати підхід, в основі якого контроль якості питної води «на крані», тобто безпосередньо у споживача.

Проблема вторинного забруднення питної води у водопровідних мережах є однією з найважливіших, оскільки правильність дотримання методів очищення, вимог стандартів стають безглуздими після того, як вода, потрапляючи в систему, повністю втрачає своє призначення – відповідати вимогам для задоволення питних потреб людини. Слід особливу увагу приділити саме реконструкції розподільчої мережі, серйозно поставитись до вибору матеріалів, які використовують у процесі будівництва нових водопроводів.

#### **1.4. Нормативно-правова база регулювання відносин у галузі водопостачання**

Проблема удосконалення нормативів та підвищення вимог до стандартів якості питної води має економічний, соціальний та екологічний виміри. Підвищення вимог до якості продукції в будь-якій галузі комунального господарства, особливо питного водозабезпечення, створює потребу у реконструкції та модернізації, як методів водопідготовки, так і способів водопостачання. Екологічний аспект цієї проблеми полягає в тому, що природа забезпечила людину необхідною кількістю питної води, проте інша справа, як людина нею розпоряджається, на що спрямовує величезні об'єми прісної води, повертаючи її у навколишнє середовище у технічно зміненому стані.

Для регулювання відносин у галузі водопостачання було створено нормативно-правову систему, яка являє законодавчу базу розподілену на державні та міжнародні документи.

До державних документів відносять:

– Конституцію України;

- Кодекси України (Водний кодекс України, Кодекс України про надра, Земельний кодекс України та ін.);
- Закони України (Закон України «Про питну воду та питне водопостачання», Закон України «Про загальнодержавну програму розвитку водного господарства», Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я», Закон України «Про захист прав споживачів»);
- Постанови Верховної Ради України;
- Укази та Розпорядження Президента України;
- Постанови та Розпорядження Кабінету Міністрів України;
- інші підзаконні нормативні акти України (ГОСТ, ДСТУ, СанПіН та ін.) [17, 105, 107, 108, 111, 116, 117].

До міжнародних документів належать конвенції, угоди [36], декларації, хартії, протоколи (Стокгольмська декларація «Щодо питань навколишнього середовища»), Всесвітня Хартія природи, Декларація Ріо-де-Жанейро щодо навколишнього середовища та розвитку, Конвенція з охорони та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер, Протокол про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер та ін.).

Вимоги Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) та директива Європейського Союзу № 98/83/ЕС [118] щодо якості питної води, яка введена в дію в 1998 році є основним документами, що визначають параметри питного водопостачання.

Основними нормативними документами, які визначають стандарти питного водопостачання в Україні є Державні галузеві стандарти та Державні санітарні норми та правила. Починаючи з 01.01.2019 припинив свою дію ГОСТ 28749–82 «Вода питна», який з часів незалежності був одним з найважливіших документів, що визначали параметри якості питної води та регламентували відносини в галузі питного водопостачання. До початку

2000-х років якість питної води оцінювалася за ГОСТ 28749–82 «Вода питна» та ДСанПіН 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

У 2010 році було затверджено Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.24-171-10) [107], що стали прикладом вдосконаленої системи контролю якості питної води. В цьому документі регламентується 69 показників якості питної води та її контролю. Для порівняннi з ГОСТ 28749–82 – 29, ДСанПіН 383 – 49. В стандарті значно розширено спектр показників, нормативні значення деяких стали більш жорсткішими у порівнянні з іншими державними стандартами. Основна вимога залишилась не змінною – питна вода має бути якісною і безпечною для здоров'я споживачів. Проте, як і в попередніх документах, так і в цьому, залишилось принциповим використання питної води для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання прісної або питної води. Отже, суть нового документу залишилась «старою» – використання води, доведеної до питних стандартів на будь-які потреби [81]. Проте виникає питання доцільності доведення таких значних об'ємів води до стандартів питних, використовуючи тільки близько 15 % для питних потреб.

Відомий досвід Американських Віргінських островів та Карибських островів [181], де втілено розподіл використання води в комунальній мережі на питну і технічну. Це подвійні системи розподілу, що включають використання води для потреб водопостачання з двох різних джерел у двох окремих розподільчих мережах. Дві системи працюють незалежно одна від одної в межах однієї зони обслуговування. Ці системи подвійного розподілу використовуються для постачання питної води через одну розподільчу мережу та непитну технічну воду через іншу. Технічна вода використовується для таких цілей, як пожежогасіння, санітарне потреби (туалети, прання, миття), очищення вулиць, зрошення декоративних садів або

газонів. Як показує досвід цих маленьких територій і громад, подвійні системи розподілу води є економічно і екологічно виправданими. Подвійні системи спроектовано як дві окремі трубопровідні мережі: система розподілу питної води і система розподілу технічної води (морська вода доочищена або природна).

Важливим аспектом раціонального водокористування є повторне використання очищених стічних вод як технічних для санітарних потреб. Відомі приклади використання такого підходу навіть на державному рівні, наприклад, в Сполучених Штатах Америки в посушливих штатах Флорида та Каліфорнія впроваджено систему повторного використання води, яка використовується для побутових потреб двічі.

У Державних санітарних правилах і нормах визначено, що якість води характеризують такі параметри: загальні фізико-хімічні показники якості води, органолептичні показники, бактеріологічні та паразитологічні показники, радіологічні показники, показники неорганічних і органічних домішок, а також ряд інших параметрів, які часто використовують у водопідготовці [107].

Багато з цих величин не нормуються і, тим не менше, важливі для оцінювання фізико-хімічних властивостей води. Як правило, ці додаткові параметри не лише безпосередньо визначають якість води, але, головним чином, містять інформацію, без якої неможливо підібрати оптимальну схему очищення води.

Українська чинна система аналізу і контролю нормованих хімічних і мікробіологічних показників води санітарно-епідеміологічними станціями, заснована на диференційованому визначенні їх концентрації та зіставленні її з нормованими значеннями. Крім загального фізико-хімічного контролю, спрямованого на визначення жорсткості води, сухого залишку, а також найпоширеніших у воді компонентів як природного походження, так і при внесенні в процесі водопідготовки (алюмінію, миш'яку, нітратів, нітритів, поліакриламідів, свинцю, фтору, заліза, марганцю, міді, поліфосфатів,

сульфатів, хлоридів, цинку), нові нормативні документи передбачають ряд спеціальних операцій аналізу і контролю води.

Європейські принципи визначення якості питної води ґрунтуються першочергово на екологічній доцільності використання прісної води, а потім на економічній ефективності. Хоча ситуація з нестачею якісної питної води також має загострений характер. Так, і в розвинених країнах спостерігається деградація водного середовища, яка є наслідком людської діяльності.

У США приділяється значна увага цій проблемі у місцевості, де проживає менше 10000 чоловік. За останні роки було зареєстровано десятки спалахів епідемій у сільській місцевості, які спричинені забрудненням водного середовища хвороботворними бактеріями, кадмієм, ртуттю, свинцем, селеном. Проте законодавство США в цій галузі постійно вдосконалюється, особлива увага приділяється жорсткому контролю підприємств, які забруднюючи водні об'єкти, повинні виплачувати значні суми податків та штрафні санкції. За якістю питної води слідкують декілька різнорівневих інстанцій – Агентство з Охорони Навколишнього Середовища, Департаменти здоров'я, Національна академія наук США та ін. [174].

У Нідерландах критерії якості питної води напряму залежать від такого показнику, як МНР (максимально допустимий рівень небезпеки), який передбачає повний захист мешканців водних екосистем. Тобто першочергово контролюють підприємства-забруднювачі, яким не дозволяється виходити за межі допустимих нормативів скиду. Принцип простий: немає забруднення джерел питного водозабезпечення – немає проблем з якістю питної води [37].

Цікавим є приклад Франції, де доступ водокористувачам до забору води з поверхневого водного об'єкту надається нижче місця скиду стічної води самого підприємства, таким чином відбувається природний процес стимулювання до значного очищення стоків. Схожий підхід застосовується на Берлінському водоканалі, де місця рекреації, купання та відпочинку на водних об'єктах знаходяться нижче рівня скиду стічних вод.

У додатку Е наведено порівняльний аналіз показників якості питної води з метою ілюстрації розбіжностей і спільного у вимогах українського та зарубіжних стандартів у галузі питного водопостачання [69].

Вдосконалення вітчизняної нормативно-правової бази в галузі питного водопостачання може дати поштовх до реконструкції систем водопостачання, покращення якості життя населення та раціонального використання такого природного ресурсу, як вода. Аналізуючи ситуацію, яка склалася на міжнародному рівні, можна зробити висновок, що вдосконалення нормативно-правової бази, зміна споживацького підходу у використанні прісної води, є одним з основних чинників підвищення екологічної безпеки питного водопостачання [81].

В Україні галузь питного водопостачання та водовідведення потребує реформування, необхідно провести комплексну роботу, яка включатиме заходи правового, економічного, організаційного та науково-технічного характеру. Проте є чинники, які негативно впливають на процес реформування:

- на державному рівні не заохочується створення самостійних, фінансово спроможних та інвестиційно привабливих підприємств водопровідно-каналізаційного господарства;
- незадовільний технічний стан мереж і споруд, реконструкція яких проводиться повільними темпами через недостатність фінансування;
- неоптимальний режим роботи насосних станцій, що спричиняє втрати близько чверті спожитої електроенергії;
- втрати води у розподільчих мережах, що перевищують 30–60 %;
- порушення умов поводження з побутовими відходами, що спричинює забруднення підземних вод та ін. [4, 141].

## 1.5. Висновки до першого розділу

Проблеми навколишнього середовища – це проблеми як кожної окремої людини, так і всього людства в цілому. Таку ситуацію спричинено дуалістичним положення людини: з одного боку, вона є елементом природної частини екосистеми, як живий організм, а з іншого, – частина штучної, техногенної, як людське суспільство. Створюючи комфортне середовище існування, людство повинно оцінювати наслідки своєї діяльності, особливо тоді, коли йдеться про використання природних ресурсів, у першу чергу прісної води, яка є основою всього живого.

1. Початком вирішення проблеми якості питної води має стати зміна принципів і структури використання прісної води, наступним кроком – модернізація систем водопостачання та методів водопідготовки. Особливу увагу слід приділяти нормуванню в галузі, адже якість питної води залежить не тільки від технологій очищення, а в першу чергу від ефективності впровадження та контролю нормативів, стандартів, що визначають кількість необхідної води для різних типів споживачів.

2. Безпека питного водопостачання є важливою складовою сталого розвитку суспільства, національної безпеки України та її регіонів. Зниження рівня екологічної безпеки систем водопостачання спричинено високим рівнем забруднення водних об'єктів, що є джерелами питної води, недостатньою ефективністю існуючих технологій водопідготовки і водопостачання. Україна належить до категорії країн з обмеженими водними ресурсами, річний запас водних ресурсів на душу населення один із найменших на Європейському континенті.

3. Досягнення безпечного і ефективного функціонування систем водопостачання в містах можливе у випадку створення ефективної системи управління. До термінових управлінських та правових заходів у галузі питного водопостачання необхідно віднести:



- на законодавчому рівні розмежування поняття «питна вода» і «технічна вода» та затвердження різних нормативних стандартів;
- впровадження ефективних сучасних методів водопідготовки (без використання хлору);
- на державному рівні запровадити програму використання альтернативних джерел енергії на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства;
- підвищення контролю за діяльністю підприємств, що розташовані поблизу водних джерел водопостачання, що є джерелами водопостачання;
- стимулювати впровадження замкнутих систем водокористування на підприємствах.

4. Метою екологічної безпеки є зниження захворюваності, смертності, збільшення тривалості та якості життя людини. Головним фактором впливу на людину в системі екологічної безпеки питного водопостачання є питна вода, її якість, яка залежить від низки чинників: технології водопідготовки, первинної якості води джерела водопостачання, технічного стану водопровідних мереж та ін.

Зауважимо, що технології водопідготовки є тим чинником, зміни якого можна чітко системно відслідковувати та вносити необхідні корективи з метою дотримання діапазону безпечності.

Усі водні об'єкти, в тому числі і ті, що є джерелами водопостачання, піддаються колосальному антропогенному впливу, підтвердженням цьому є статистичні дані національних та регіональних доповідей по водокористуванню та скидам стічних вод. Окрім того, водні об'єкти, які є джерелами питної води для міст, здебільшого за своїм географічним розташуванням знаходяться в межах декількох адміністративних одиниць, тому контроль за рівнем антропогенного впливу на них потребує загальнодержавних рішень.

Технічний стан систем водопостачання є причиною вторинного забруднення водопровідної води та значних втрат води в мережах розподілу,

проте усвідомлюючи всю гостроту та актуальність цього питання, як на регіональному, так і на державному рівні, до сих пір не проводиться постійного моніторингу та контролю проблеми.

У нашому дослідженні оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання проводимо шляхом визначення екологічного ризику як основного інструмента оцінювання екологічної безпеки в цілому, враховуючи наявність моніторингових даних та достатньої методологічної бази.

Вважаємо, що головним перспективним завданням для подальших наукових досліджень є створення методології оцінювання із врахуванням всіх вказаних вище чинників впливу на якість питної води, з метою створення моделі комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання.

Результати розділу 1 опубліковано у наукових працях [61, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 74, 78, 81].

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

### 2.1. Сучасні методи оцінювання безпеки екологічних систем

Формуванням понятійної бази екологічної безпеки займалися як українські, так і іноземні вчені, починаючи з другої половини ХХ століття. Проте практична сторона оцінювання екологічної безпеки тривалий час є предметом численних дискусій та потребує додаткового вивчення. Зазвичай поширеним є твердження, що поняття «безпека» в т. ч. екологічна, не має конкретної одиниці виміру (розмірності) і тому повинна розглядатися як якісна категорія. Проте якщо вважати проявом небезпеки (що свідчить про порушення стану безпеки певної системи) виникнення ризику, саме як імовірності шкоди певної міри, то поняття «безпеки» набуватиме кількісних значень, які можна охарактеризувати, оцінити конкретною одиницею виміру. Звідси приймемо рішення, що в нашому дослідженні екологічну безпеку та її зворотний стан – небезпеку, розглядатимемо як властивість об'єкта, а показником цієї властивості буде ризик.

Щодо сучасних методів оцінювання екологічних систем, то більшість з них носить дещо суперечливий характер, адже екологічні системи характеризуються численними факторами, що можуть обмежувати їх розвиток. Підтвердженням цьому є одні з найважливіших екологічних законів та принципів, такі як:

- Закон мінімуму Лібіха, який встановив, що часто високі показники продуктивності системи досягаються не за рахунок наявності речовин у великій кількості, а саме тих, яких потрібно небагато;
- Закон толерантності Шелфорда, основна суть якого полягає в тому, що відсутність або неможливість розвитку екосистеми визначається не лише нестачею, але й надлишком певного фактора;

– Закон кореляції Кюв'є, що характеризує будь-який організм як систему, а систему як організм, всі частини якої відповідають одна одній як за будовою, так і за функціями, тому зміна однієї, навіть незначної частини, викликає зміни в інших.

Вивчення стану екологічної безпеки екосистем, методів її оцінювання є актуальним питанням, що спричинено динамічністю природних систем. Проте, не зважаючи на складність процедури оцінювання стану екологічних систем чи навколишнього середовища в цілому, основними методами оцінювання залишаються як загальнонаукові: емпіричні (експеримент, спостереження та ін.) та теоретичні (аналіз–синтез, індукція–дедукція, абстрагування та ін.), так і системний метод, як один з найважливіших методів наукових досліджень в екології.

Залежно від об'єкту, оцінювання впливу на який вивчається, сучасні методи оцінювання безпеки екологічних систем можна поділити на антропоцентричний, біоцентричний та комплексний.

Перший виражається у визначенні безпечності певного впливу на організм людини та кількісному встановленні ступеня впливу через оцінку ризиків проявів захворюваності чи смертності. Це так званий «гігієнічний» підхід, який передбачає регламентацію, направлену на захист здоров'я людини як об'єкта піклування в соціоекосистемах. Метод ґрунтується на співставленні показників впливу з нормативами ГДК та визначенні потенційних ризиків. Приклади застосування антропоцентричного методу оцінювання описані в наукових статтях Караєвої Н. В., Лотоцької О. В., Олексієнко М. М., Прокопова В. О., Петрука В. Г., Романчука Л. Д., Роя І. О. та ін. [47, 54, 63, 77, 86, 89, 97-99, 99, 101, 127, 128, 135, 140, 176], а також у наукових працях, методиках, як українських та закордонних [2, 10, 50, 58, 83, 136, 147, 154, 174, 186].

Пріоритетним для біоцентричного методу є збереження середовища існування всіх живих елементів екосистеми, здатності їх до відтворення, починаючи від найпростіших до більш складних, як запорука стійкості

природних систем. Метод ґрунтується на використанні біомоніторингу для визначення рівня мутагенності та токсичності показників та виявленні впливу на організми порівняно з нормативними значеннями [9, 153].

У монографії [52] зазначено, що серед усього різноманіття біологічних оцінок якісного стану водних об'єктів, які використовуються, можна виділити кілька основних груп:

- оцінювання, які базуються на системі сапробності;
- оцінювання, які характеризують трофність екосистеми;
- біотичні індекси;
- індекси видової різноманітності;
- індекси порівняння;
- комбіновані оцінювання.

У роботі [154] відзначається, що біоцентричні методи, методи біомоніторингу можна поділити на такі два типи, як: 1) тести на трофність системи, тести на токсичність води і донних відкладень, тести на біоаккумуляцію токсикантів і та ін.; 2) методи біоіндикації, які дозволяють оцінити відгук водної біоти на весь комплекс антропогенних впливів. Перший тип належить до числа експериментальних, а другий орієнтується на методології прямих спостережень за біотою у природних умовах.

У джерелах [8, 37] рівень екологічної безпеки регіону визначається біоіндикаційним методом відгуком найпростіших компонентів в річці, як середовищі життя видів та точці тяжіння живого в екосистемі, що сформувалася в комплексі з водним об'єктом. Такий підхід є прикладом застосування біоцентричного методу в наукових дослідженнях.

Комплексні методи враховують оцінку впливу на всі компоненти природної системи, мають гігієнічний та екологічний характер. Такі методи передбачають формування комплексних показників з урахуванням інтегральних. Інтегральні показники можуть характеризувати стан певного окремого компонента екологічної системи (гідросфери, атмосфери, літосфери, біоти та ін.). Комплексні формуються на основі сукупного

оцінювання інтегральних показників стану окремих елементів. Такий метод ґрунтується на принципах системного підходу і ставить серед основних пріоритетів благополуччя всіх компонентів екологічних систем. Приклади застосування комплексного методу оцінювання описані в наукових статтях Гадецької З. М., Іванюти С. П., Качинського А. Б., Крихівського М. Р. та ін. [22, 51, 84].

У статті [20] автори звертають увагу на те, що безпечність води можна визначати через різні інтегральні показники оцінювання, проте слід чітко розмежовувати різні види водоспоживання. В Додатку Г наведено запропоновану авторами класифікацію методів і методик комплексного оцінювання якості води, де за видом водокористування виділено такі цілі, як питне водопостачання та технічні потреби: для зрошення, рекреація, риборозведення та ін.

При виборі методів дослідження для визначення рівня екологічної безпеки систем питного водопостачання в місті зупинимося на першому. Не зважаючи на переваги біоцентричного та комплексного методу, їх доцільно використовувати для оцінювання стану водних об'єктів, як систем в цілому.

Серед головних завдань дисертаційного дослідження визначили таке, як встановити ефективність застосування методики визначення екологічного ризику для оцінювання впливу на здоров'я міського населення від вживання питної води, де ЕР виступає інструментом оцінювання ЕБПВ. Звідси обираємо антропоцентричний метод як такий, що направлений на захист здоров'я людини як об'єкта піклування в соціоекосистемах, враховуючи тільки один клас споживачів.

## **2.2. Особливості загальної методики оцінювання екологічного ризику**

Розвиток системних методів аналізу стану екологічних систем на сучасному етапі є актуальною задачею. Методи оцінювання ризику виходять на перше місце завдяки тому, що сучасне законодавство щодо техногенної та

екологічної безпеки визначає необхідність аналізу ризиків [39, 87, 108, 110, 117]. Сьогодні в різних країнах світу загальноприйняті методи оцінювання ризику застосовуються у багатьох областях моніторингу навколишнього середовища: екологічному, соціально-гігієнічному, кризовому моніторингу і та ін. У цьому відношенні методологію оцінювання ризику можна розглядати як один з основних, системоутворюючих елементів моніторингу довкілля.

Загальноприйнятою шкалою оцінювання екологічного ризику є така, що базується на вимірюванні прояву ризику від тієї чи іншої діяльності, де під терміном «ризик» визначаються кількісні показники, такі як величина збитку від подій, явищ (це різні економічні збитки, кількість захворювань, травм, смертей тощо) та ймовірність виникнення цих подій або явищ.

У [35] під екологічним ризиком розуміється ймовірність несприятливих для навколишнього середовища наслідків, будь-яких змін природних об'єктів і факторів. Ризик розглядається як ймовірність виникнення надзвичайних подій у певний проміжок часу, виражена кількісними параметрами. Частіше розглядається техногенний аспект екологічного ризику – ймовірність виникнення техногенних аварій, що здатні завдати істотної шкоди навколишньому середовищу або здоров'ю людей. Одні ризики конкретні, інші не можуть бути конкретно визначені.

У теоретичній частині нашого дослідження екологічний ризик розглядатимемо у двох аспектах: потенційному та реальному. Проте при формуванні комплексного методу оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання надамо перевагу потенційному екологічному ризику.

У [34] автор пояснює зміст понять потенційного та реального екологічного ризику таким чином. Потенційний екологічний ризик – це явище небезпеки порушення стосунків живих організмів з навколишнім середовищем внаслідок дії природних чи антропогенних чинників. Реальний екологічний ризик утворюється потенційним з урахуванням ймовірної частоти його реалізації. За характером прояву екологічний ризик може бути

раптовим (техногенна аварія, землетрус тощо) і повільним (зсув, підтоплення, ерозія тощо).

У таблиці 2.1. наведено комплексну класифікацію екологічних ризиків, запропоновану [34].

Таблиця 2.1

## Класифікація екологічних ризиків

<b>Найменування ризику</b>	<b>Об'єкт ризику</b>	<b>Особливості ризику</b>
Індивідуальний	Живий організм	Ризик захворюваності чи смертності людини, тварини, рослини
Груповий	Сукупність живих організмів	Ризик захворювання чи смерті сукупності живих організмів – популяції тварин чи рослин, людського соціуму (територіального, професійного, родинного тощо)
Екосистемний	Екологічна система	Ризик часткової чи повної втрати функціональності екологічної системи
Природний абіотичний	Природна складова	Ризик часткової чи повної втрати цілісності чи функціональності будь-якої природної складової екосистеми, крім організму та популяції
Господарський	Штучна абіотична складова система	Ризик часткової чи повної втрати функціональності підприємства, споруди, механізму, транспортного засобу тощо

У джерелах [100, 101] автори визначають, що традиційно в англійській літературі здійснюється розподіл понять ризиків погіршення здоров'я людини (human health risk) і ризиків порушення стану природного навколишнього середовища (environmental risk). У російсько- та україномовній літературі ці поняття об'єднуються за загальною назвою «екологічний ризик», оскільки, як правило, стан природного навколишнього середовища цікавить нас в плані його впливу на здоров'я та благополуччя



людини. Про те, що розподіл ризиків на «людський» і «природний» доволі умовний, говорить те, що експерти Американського агентства з охорони навколишнього природного середовища (USEPA) відзначали, що на кінець XX століття основними ризиками загрози стану природного навколишнього середовища були:

- глобальна зміна клімату;
- збіднення озонового шару в стратосфері;
- зміна складових середовища проживання;
- загибель популяцій і втрата біологічної різноманітності.

У таблиці 2.2 наведено характеристику видів ризику, яка сформована з використанням праць [34, 101].

Таблиця 2.2

## Характеристика видів ризику

<b>Вид ризику</b>	<b>Об'єкт ризику</b>	<b>Джерело ризику</b>	<b>Наслідки</b>
Ризик здоров'ю людини	Людина	Умови життєдіяльності людини	Хвороба, травма, інвалідність, смерть
Техногенний	Технічні системи	Технічна недосконалість, порушення правил експлуатації	Аварія, катастрофа
Ризик порушення стану НПС	Екологічні системи	Антропогенне втручання у довкілля, техногенні надзвичайні ситуації	Антропогенні екологічні катастрофи, стихійні лиха
Соціальний	Соціальні групи	Надзвичайна ситуація, погіршення якості життя	Групові травми, захворювання, збільшення смертності
Економічний	Матеріальні ресурси	Підвищена небезпека виробництва або довкілля	Збільшення затрат на безпеку, збитки від недостатньої захищеності

Головною проблемою наукового визначення поняття «ризик» є його комплексний характер, складність врахування всіх факторів, що спричиняють виникнення загроз та аналіз всіх наслідків, до яких вони можуть призвести. За визначенням ВООЗ [130, 160, 161] ризик – це очікувана ймовірність того, що виявлений небезпечний фактор заподіє шкоду певним групам населення в певний проміжок часу, з урахуванням масштабів цієї шкоди і/або наслідків. До поняття «ризик» входять такі складові [58]:

- можливість відхилення від поставленої мети, заради якої реалізується вибрана альтернатива;
- імовірність досягнення бажаного результату;
- відсутність впевненості в досягненні поставленої мети;
- можливість виникнення небажаних наслідків (матеріальні або фізичні збитки, захворюваність, смертність тощо) при проведенні чи плануванні інших дій в умовах невизначеності для суб'єкта, який ризикує;
- матеріальні (економічні, екологічні та ін.) та нематеріальні (моральні) втрати, пов'язані з реалізацією вибраної в умовах невизначеності альтернативи;
- очікування загрози, невдачі в результаті вибору альтернативи та її реалізації.

Кількісній оцінці ризику здоров'я населення від хімічних сполук належить головна роль у стратегії захисту людини від забруднень. Така стратегія першочергово побудована на аналізі ризику, що передбачає комплекс дій для вивчення, експертизи та ідентифікації механізмів виникнення явищ, які здійснюють вплив на життя та стан здоров'я людини, з метою запобігання та протидії негативних наслідків. Результатом аналізу ризику є оцінювання стану здоров'я частини населення, яка зазнає впливу з боку хімічних сполук і в якій очікується поява шкідливих для здоров'я ефектів.

Найважливішими загальними принципами аналізу ризику є [58]:

1. Ідентифікація небезпеки: виявлення потенційно шкідливих чинників, оцінювання зв'язку між чинником, що вивчається, та порушеннями стану здоров'я людини.

2. Оцінювання дії (експозиції) хімічних речовин на людину: характеристика джерел забруднення, маршрутів руху забруднювальних речовин від джерела до людини, шляхів їх дії, визначення доз і концентрацій, що впливали у минулому, впливають у сьогоденні або тих, які можливо впливатимуть у майбутньому, встановлення рівнів експозиції для популяції в цілому та її окремих субпопуляцій.

3. Характеристика ризику: аналіз усіх одержаних даних, розрахунок ризиків для популяції та її окремих підгруп, порівняння ризиків з допустимими (прийнятними) рівнями, порівняльна оцінювання та ранжирування різних ризиків за ступенем їх статистичної, медико-біологічної та соціальної важливості.

Основною складністю оцінювання ризику є визначення його ймовірності, що визначається двома факторами [58]:

– ймовірність того, що певна група людей підпаде під вплив різних рівнів забруднень, дії шкідливих речовин;

– ймовірність того, що в даних осіб виникнуть порушення здоров'я чи летальні випадки.

Ці два фактори відповідають двом основним галузям дослідження аналізу ризику – впливу й ефектам. Проте загальноновизнаним є такий недолік визначення ризику як прояву потенційних небезпек, а саме нехтування багатофакторною можливістю виникнення цієї загрози.

Враховуючи результати проведеного аналізу та оцінювання, формується стратегія управління ризиком, що може ґрунтуватися на виборі діапазону безпечності рівня ризику в межах від мінімального до максимально припустимого.

У Нідерландах, при плануванні промислової діяльності разом із географічними, економічними та політичними картами, використовують карти ризику для території країни. Для того, щоб побудувати промислове підприємство та ввести його в експлуатацію, конструктори мають кількісно визначити рівень ризику від його експлуатації та обґрунтувати його прийнятність [104].

### **2.3. Формування комплексного методу оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання шляхом визначення потенційного екологічного ризику**

У [11, 47, 56, 59, 86, 111, 157] авторами запропоновано у методології аналізу ризику виділяти два основні компоненти: оцінку ризику для здоров'я людини як медико-біологічне і гігієнічне завдання та управління ризиком як комплексне соціально-економічне завдання. Моделі, які використовують для розрахунків ризику, повинні містити як мінімум три рівні: індивід; група (відібрана за умовами експозиції, соціальною структурою або статевіковими ознаками); популяція населеного пункту або регіону. Найважливішими з точки зору оцінювання ризику для здоров'я є індивідуальний і популяційний рівні.

За світовими стандартами найпоширенішою є така класифікація ризиків:

- неприйнятний – рівень ризику більше ніж  $10^{-6}$  (0,00001);
- прийнятний – від  $10^{-6}$  до  $10^{-8}$  (0,00001 до 0,0000001);
- безумовно прийнятний – рівень ризику менше ніж  $10^{-8}$  (0,0000001).

В українському законодавстві рівень безпеки за значенням ризику встановлюється на законодавчому рівні, що зазначено в [101]. У табл. 2.3 наведено класифікацію рівнів ризику.

Таблиця 2.3

## Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Характеристика ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis)	не прийнятний для виробничих умов і населення, необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
Середній	не припустимий для виробничих умов, за впливу на все населення, необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низький	припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Мінімальний (De Minimis)	бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

Як вже зазначалося вище, екологічний ризик є ймовірною характеристикою, яку можна відобразити кількома способами [91]:

- ймовірністю того, що у певної частини населення виникнуть негативні ефекти (наприклад, 5 %-й ризик, 20 %-й ризик);
- визначенням певної кількості осіб, у яких можуть виникнути негативні ефекти, при цьому встановлюється певний інтервал похибок для вказаних неточностей (наприклад, 2000 + 50);
- оцінкою без реального значення достовірності (наприклад, більше 5 % будуть мати негативні ефекти).

Проаналізувавши існуючі методологічні підходи та особливості оцінювання безпеки екологічних систем [108, 110, 130, 131, 149, 155, 162], вважаємо за доцільне визначати екологічний ризик як головний показник екологічної безпеки питного водопостачання. Оскільки екологічний ризик

характеризується ймовірним проявом, то по своїй суті він є потенційним порушення стану об'єкта, який зазнає впливу певного фактору.

У нашому дослідженні під поняттям екологічного ризику вважатимемо потенційний ризик, який розуміємо як кількісну характеристику якісного стану об'єкта, в умовах небезпеки ймовірних проявів токсичних ефектів, внаслідок порушення природнього балансу в НПС та неприродному (техногенному, штучному) середовищі існування людини.

Тобто визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання здійснюємо через алгоритми визначення екологічного потенційного ризику.

Відповідно до хімічних характеристик діючих речовин, потенційний екологічний ризик пропонуємо розподіляти на дві категорії: канцерогенний та неканцерогенний.

Потенційний екологічний ризик характеризуватимемо трьома аспектами: ймовірністю, наслідками реалізації ризику і важливістю наслідків.

Звідси ризик можна виразити у вигляді формули:

$$R = F \times C, \quad (2.1)$$

де  $F$  – частота подій;

$C$  – наслідки.

Оцінювання ризику для здоров'я людини – це кількісна та якісна характеристика шкідливих ефектів, здатних розвинутися в результаті дії чинників середовища на людину або групу людей.

При розробленні регламентів граничного вмісту шкідливих речовин у компонентах навколишнього середовища встановлено, що як порогові концентрації повинні бути прийняті ті мінімальні величини, які викликають ефект токсичної дії з вірогідністю не менше ніж 16 %. Цим порогові концентрації відрізняються від гранично допустимих концентрацій (ГДК), нижче за які ризик захворювання або прояву токсичних ефектів практично не виражений.

Порогові концентрації  $C_{\text{пор}}$  пов'язані з максимальною недіючою таким рівнянням:

$$ГДК = C_{\text{пор}} / K_6, \quad (2.2)$$

де  $K_6$  – коефіцієнт безпеки, що залежить від класу небезпеки речовини та наявності експериментальних даних про його безпеку.

За значення реальної концентрації при розрахунках потенційного екологічного ризику обирається середня концентрація речовини, що надходить до організму людини впродовж його життя. Для попередження гострих (негайних) токсичних ефектів повинні застосовуватися максимальні разові гранично допустимі концентрації ( $ГДК_{\text{мр}}$ ). Розрахунок ризику токсичних ефектів у результаті хронічної (довготривалої) дії забруднювальних речовин у питній воді ґрунтується на такому принципі: якщо максимальна недіюча концентрація ( $ГДК$ ) гарантує, з вірогідністю менше 5 % відсутність токсичного ефекту впродовж життя людини, то мінімально діюча (порогова) концентрація гарантує, з вірогідністю 95 %, його прояв [99].

За початкову інформацію, у нашому дослідженні, використовуємо дані про вміст хлорорганічних сполук (ХОС) під час дії конкретної канцерогенної сполуки, а саме хлороформу, на людину або групу людей, а також тривалість такої дії. Таким чином, вихідні дані представляють, у нашому випадку, характер діяльності людини з розподілом за часом, а також концентрації шкідливих агентів.

Експозиція характеризує контакт організму з хімічним агентом. Якщо експозиція має місце протягом певного періоду часу, то загальна експозиція повинна бути розділена на той часовий інтервал, який задано умовами дослідження. Одержана величина є середньою величиною експозиції на одиницю часу. Середня експозиція може бути виражена як функція маси тіла. Одержана стандартизована за часом та масою тіла експозиція носить назву «надходження».

Загальна формула для величини надходження хімічної речовини має такий вигляд:

$$I = (C \times CR \times EF \times ED) / (BW \times AT), \quad (2.3)$$

де  $I$  – надходження (кількість канцерогенної речовини на межі обміну), мг/кг маси тіла на добу;

$C$  – концентрація хімічної речовини, середня концентрація, що впливає в період експозиції;

$CR$  – величина контакту, кількість забрудненого середовища, що контактує з тілом людини в одиницю часу або за один випадок дії;

$EF$  – частота дій, кількість діб/рік;

$ED$  – тривалість дії, кількість років;

$BW$  – маса тіла, середня маса тіла у період експозиції, кг;

$AT$  – час усереднення, період усереднення експозиції, кількість днів.

За визначенням, експозиція – це вплив шкідливого для здоров'я хімічного чи фізичного агента. Величина впливу визначається кількістю агента, що надходить до організму людини протягом визначеного проміжку часу:

$$E = CC \times CR \times ED, \quad (2.4)$$

де  $E$  – величина експозиції:

$CC$  – концентрація шкідливої речовини;

$CR$  – швидкість надходження шкідливої речовини;

$ED$  – тривалість впливу.

Для оцінювання ступеня ризику для здоров'я при хронічному впливі канцерогенів чи просто хімічних токсинів на людину застосовують основне експозиційне рівняння:

$$LADE = E / (BW \times LT), \quad (2.5)$$

де  $LADE$  – щоденна експозиція усереднена за масою тіла та тривалістю життя;

$BW$  – маса тіла;

$LT$  – тривалість життя.



Згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21 жовтня 2005 року N 545 Про затвердження методичних вказівок «Оцінювання канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води» [108], оцінювання експозиції базується, по-перше, на фактичних даних моніторингу вмісту ХОС у питній воді після хлорування, по-друге, на математичному моделюванні поведінки забруднювачів у різних об'єктах і накопичення їх у біосередовищах людини.

Прикладом такого моделювання є розрахунок середньодобової дози шкідливої речовини СДД – в українському законодавстві та розрахунок Guideline Values GV – за методологією Всесвітньої Організації Охорони здоров'я (Guidelines for drinking-water quality – 4th ed.), яка може надходити до організму з питною водою [63]:

$$СДД = (C_{cp} \times ОП) / МТ, \quad (2.6)$$

де  $C_{cp}$  – середня арифметична концентрація токсичної речовини у відповідному компоненті середовища (мг/дм<sup>3</sup> або мкг/дм<sup>3</sup>);

$ОП$  – об'єм питної води, що споживається за добу (дм<sup>3</sup>);

$МТ$  – вага тіла (кг).

$$GV = TDI \times bw \times P / C, \quad (2.7)$$

де  $bw$  = body weight, вага тіла;

$TDI$  – tolerable daily intake, допустиме щоденне споживання;

$P$  – fraction of the  $TDI$  allocated to drinking-water, концентрація токсичної речовини у питній волі;

$C$  – daily drinking-water consumption, щоденне споживання води.

Згідно з вищезгаданими методиками, потенційний канцерогенний ризик – очікувана частота випадків онкологічних хвороб, зумовлених дією певної дози канцерогенного чинника.

У джерелах [12, 22, 44, 46, 48, 58, 59, 62, 63, 75, 77, 86, 89, 124, 128, 143] для моделювання ризику запропоновано проведення оцінювання залежності «доза – ефект», тобто пошук кількісних закономірностей, що пов'язують

дозу певної діючої речовини з виникненням шкідливих для здоров'я ефектів та наслідків.

Як правило, реакція організму на вплив шкідливого чинника визначається експериментально на рівні досить високих, явно діючих доз, а оцінювання реального навантаження здійснюється методом екстраполяції. Зважаючи на обмеженість існуючих на сьогодні знань щодо механізмів процесів, що протікають в організмі, а також складність математично-статистичного аналізу, який застосовується для описання біологічних, особливо канцерогенних ефектів, очевидно, що отримати точний і в той же час достатньо простий математичний вираз, який пов'язував би величину ефекту з рівнем та тривалістю дії канцерогенної речовини (залежність «доза – час – ефект»), можна лише у рамках певних обмежень – як за механізмом, так і за умов експерименту.

За відсутності даних експериментального визначення канцерогенних ризиків, останні визначаються за методичними вказівками [106, 130], які рекомендовано розраховувати, використовуючи канцерогенні потенціали ризику, значення яких встановлені Агентством з охорони навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency) [178]. У табл. 2.4 зазначено величини потенціалів канцерогенного ризику хлорорганічних сполук.

Таблиця 2.4

## Канцерогенні потенціали ризику згідно з US EPA

Величина потенціалу ризику	Хімічні сполуки			
	Хлороформ	Трихлоретилен	Чотирихлористий вуглець	Дибромхлорметан
Канцерогенний потенціал ризику, мг/кг – доба <sup>-1</sup>	0,031	0,0153	0,15	0,094

Для розрахунку ризику застосовуємо лінійну залежність:

$$R_c = SF_o \times ADD, \quad (2.8)$$

де  $R_c$  – ймовірність розвитку канцерогенних ефектів;

$SF_o$  – величина потенціалу канцерогенного ризику за перорального надходження тієї чи іншої канцерогенної сполуки (кг/мг-доба або кг/мкг-доба);

$ADD$  (СДД) – середньодобова доза шкідливої речовини (мг/дм<sup>3</sup> або мкг/дм<sup>3</sup>).

Оскільки, як зазначалося вище, ризик характеризується трьома аспектами: ймовірністю, наслідками реалізації ризику і важливістю наслідків, та має загальноприйнятту формулу розрахунку  $R = P \times C$ , тобто частоту подій на наслідки, а оцінювання ризику для здоров'я людини – це кількісна та якісна характеристика шкідливих ефектів, то на базі опрацьованого матеріалу та за відсутності загальновизнаних систем термінів в області теорії ризику на законодавчому рівні варто зробити висновок, що у цій частині формування комплексного методу оцінювання екологічної безпеки під ризиком розуміємо ймовірність виникнення онкологічних захворювань.

Прикладом оцінювання неканцерогенного потенційного ризику для здоров'я людини, пов'язаного із забрудненням питної води, є безпорогова модель оцінювання ризику, запропонована [62, 63, 75, 77, 127, 128]:

$$R_{nc} = 1 - \exp(\ln(0,84) / (ГДК \times Kз)) \times C, \quad (2.9)$$

де  $R_{nc}$  – ймовірність розвитку токсичних, неканцерогенних ефектів;

$C$  – концентрація речовини у питній воді, мг/дм<sup>3</sup>;

$ГДК$  – гранично допустима концентрація, мг/дм<sup>3</sup>;

$Kз$  – коефіцієнт запасу (для всіх 10, для свинцю – 3).

Межі потенційного ризику визначають так:

– 0,02 – прийнятний, майже виключеним є ріст захворюваності населення внаслідок взаємодії досліджуваного фактору;

– 0,02–0,16 – задовільний, можливі поодинокі випадки погіршення здоров'я, але не спостерігається тенденції до загальної захворюваності;

- 0,16–0,50 – незадовільний, систематичні скарги населення, тенденція до загальної захворюваності;
- 0,50 і більше – небезпечний, загальна захворюваність, поява патологій;
- більше 1 – надзвичайно небезпечний, патології, гострі отруєння, зміна структури і перебігу захворювань, збільшення смертності.

У джерелі [54, 128] пропонують проводити інтегральну оцінку якості водопровідної води, розраховуючи інтегральний показник ІІ, який є сумою значень канцерогенного, неканцерогенного ризиків та ризику появи рефлекторно-ольфакторних ефектів за формулою:

$$II = (Risk_{po}/II_{po}) + (Risk_{нек}/II_{нек}) + (Risk_{канц}/II_{канц}), \quad (2.10)$$

де  $II_{po}$  – прийнятне значення ризику рефлекторно-ольфакторних ефектів (0,1);

$II_{нек}$  – прийнятне значення неканцерогенного ризику (0,05);

$II_{канц}$  – прийнятне значення канцерогенного ризику (0,00001).

Після розрахунку отриманий показник порівнюють із допустимим значенням  $II \leq 1$ .

Проте в [149] автор аналізує можливість створення таких інтегральних показників, канцерогенні ризики підпорядковуються правилу адитивності, тобто розраховані індивідуальні ризики можна додавати. В той час, як неканцерогенні ризики, розраховані за окремими речовинами, не підпорядковуються правилу адитивності. Додавати значення неканцерогенних ризиків і представляти їх як інтегральне значення можна тільки в тому випадку, коли доведено, що вони чинять певний вплив на однакові системи організму. Неканцерогенні ризики визначають за правилом множення ймовірностей, коли в ролі множника виступають не величини ризику здоров'ю, а значення, що характеризують його відсутність.

Отже, для здійснення комплексної оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання (Ecological Safety of Drinking Water Supply) пропонуємо визначати потенційний екологічний ризик як показник

виникнення захворювань канцерогенного, неканцерогенного походження, розглядаючи наслідки впливів окремо, не об'єднуючи їх.

$$ESDWS = f(R_c, R_{nc}), \quad (2.11)$$

де  $ESDWS$  – екологічна безпека питного водопостачання;

$R_c, R_{nc}$  – ризики канцерогенного та неканцерогенного походження.

Причиною виникнення ризиків від споживання питної води можуть бути такі фактори, які призводять до погіршення якості питної води, а саме: забруднення водних об'єктів, що є джерелами питного водопостачання, застарілі технології водопідготовки, недотримання технологій на підприємствах водопостачання, зношеність мереж водопостачання, погодинне водопостачання та ін.

Рівень екологічної безпеки питного водопостачання як такий, що не загрожує здоров'ю людини, визначатиметься межами:

$$10^{-8} \leq R_c \leq 10^{-6} \text{ – для канцерогенних факторів впливу;}$$

$$0,16 \leq R_{nc} \leq 0,02 \text{ – для неканцерогенних факторів впливу.}$$

Новизна запропонованого методу визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання полягає у тому, що в результаті ми отримаємо не просто число, яке показуватиме перевищення нормативу ГДК певної речовини в питній воді, а комплексне значення, яке характеризуватиме вплив на людину, як центр піклування в системі екологічної безпеки [167, 169].

Таблиця № 2.5.

## Методики оцінювання рівня екологічної безпеки водопостачання або питної води

Назва методики	Показник, Основна формула визначення	Складові обчислення	Переваги, галузь застосування	Недоліки
<p>Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджена Мінпраці та соціополітики від 04.12.2002 № 268</p>	<p><math>R_{np}</math> – ризик небажаних наслідків</p> $R_{np} = P_v \times P_{um} \times P_{af} \times P_{np}$	<p><math>P_v</math> – імовірність виникнення аварії</p> <p><math>P_{um}</math> – умовна імовірність одного з можливих наслідків аварії</p> <p><math>P_{af}</math> – умовна імовірність реалізації одного з можливих видів аварії</p> <p><math>R_{np}</math> – ризик небажаних наслідків для виділеного об'єкта</p>	<p>технічні науки, екологічна безпека</p>	<p>Визначення ризику обмежене певною територією</p>
<p>Методичні вказівки «Оцінювання канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води»</p>	<p><math>R</math> – ймовірність розвитку канцерогенних ефектів</p> $R = SF_o \times CDD$ $CDD = (C_{cp} \times ОП) / MT$	<p><math>SF_o</math> – значення потенціалу канцерогенного ризику за перорального надходження тієї чи іншої канцерогенної сполуки (кг/мг-доба або мкг/мкг-доба);</p> <p><math>CDD</math> – середньодобова доза шкідливої речовини (мг/дм<sup>3</sup> або мкг/дм<sup>3</sup>);</p> <p><math>C_{cp}</math> – середня арифметична концентрація токсичної речовини у відповідному компоненті середовища (мг/дм<sup>3</sup> або мкг/дм<sup>3</sup>);</p>	<p>технічні науки, екологія, охорона здоров'я та медицина</p> <p>загальновизнана (світова) класифікація ризиків</p>	<p>обмеженість переліку речовин, канцерогений вплив яких досліджується,</p> <p>нерозкритість механізму прояву шкоди канцерогенного впливу</p>

		<p><i>ОП</i> – об’єм питної води, що споживається за добу (дм<sup>3</sup>);</p> <p><i>МТ</i> – вага тіла (кг).</p>		
<p>Методичні рекомендації МР 2.1.4.0032-11 Інтегральна оцінка питну води централізованих систем водопостачання за показниками хімічної нешкідливості</p>	<p><i>ИП</i> – інтегральний показник безпеки питної води</p> $ИП = \frac{Риск_{ро}}{ПЗ_{ро}} + \frac{Риск_{нек}}{ПЗ_{нек}} + \frac{Риск_{канц}}{ПЗ_{канц}}$	<p><i>Риск<sub>ро</sub></i> – сумарний ризик рефлекторно-ольфакторних ефектів;</p> <p><i>Риск<sub>нек</sub></i> – сумарний неканцерогенними ризик;</p> <p><i>Риск<sub>канц</sub></i> - сумарний канцерогенний ризик;</p> <p><i>ПЗ<sub>ро</sub></i> – прийнятне значення ризику рефлекторно-ольфакторних ефектів;</p> <p><i>ПЗ<sub>нек</sub></i> – прийнятне значення неканцерогенними ризику;</p> <p><i>ПЗ<sub>канц</sub></i> – прийнятне значення канцерогенного ризику;</p>	<p>технічні науки, екологія, охорона здоров’я та медицина</p> <p>здійснено спробу визначити загальний сумарний ризик</p>	<p>неканцерогенні ризики, розраховані по окремим речовинам, не підпорядковуються правилу адитивності, тому додавати значення неканцерогенних ризиків і представляти їх як інтегральне значення можна тільки в тому випадку, коли доведено, що вони чинять вплив на однакові системи організму</p>
<p>Методичні рекомендації від 30.05.1997 РФ № 2510 / 5716-97-32 «Комплексна гігієнічна оцінка ступеня напруженості медико-екологічної ситуації різних територій, зумовленої забрудненням токсикантами довкілля населення»</p>	<p><i>Risk</i> – ймовірність розвитку токсичних, неканцерогенних ефектів (від 0 до 1)</p> $Risk = 1 - \exp((\ln(0,84) / (ГДК \times Кз)) \times C)$	<p><i>C</i> – концентрація речовини у питній воді, мг/дм<sup>3</sup>;</p> <p><i>ГДК</i> – гранично допустима концентрація, мг/дм<sup>3</sup>;</p> <p><i>Кз</i> – коефіцієнт запасу (для всіх 10, для свинцю – 3).</p>	<p>технічні науки, екологія, охорона здоров’я та медицина</p>	<p>незрозумілою є суть показника коефіцієнт запасу</p> <p>класифікація ризиків та межі їх визначення не відповідають загальноновизнаній</p>

				теорії визначення ризиків
Керівництво по оцінці ризику для здоров'я населення при впливі хімічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище. Федеральний центр держсанепіднагляду МОЗ Россія, 2004	<p><i>Risk</i> – ймовірність розвитку токсичних, неканцерогенних ефектів (від 0 до 1)</p> $Risk = 1 - \exp((\ln(0,84) / (ГДК \times Kз)) \times C)$	<p><i>C</i> – концентрація речовини у питній воді, мг/дм<sup>3</sup>;  <i>ГДК</i> – гранично допустима концентрація, мг/дм<sup>3</sup>;  <i>Kз</i> – коефіцієнт запасу (для всіх 10, для свинцю – 3).</p>	технічні науки, екологія, охорона здоров'я та медицина	<p>незрозумілою є суть показника коефіцієнт запасу</p> <p>класифікація ризиків та межі їх визначення не відповідають загально визнаній теорії визначення ризиків</p>
Вказівки щодо якості питної води. Розділ: 8. Хімічні аспекти/ ВООЗ, Женева, 2008	<p><i>GV</i> – Орієнтовне значення</p> $GV = TDI \times bw \times P/C$	<p><i>bw</i> – вага тіла;  <i>TDI</i> – допустиме щоденне споживання;  <i>P</i> – концентрація токсичної речовини у питній волі;  <i>C</i> – щоденне споживання води.</p>	технічні науки, екологія, охорона здоров'я та медицина  визначення індивідуального ризику	Незрозумілий механізм визначення популяційного ризику



Варто зазначити, що система питного водопостачання вважатиметься безпечною тільки в тому випадку, якщо обидва показники ризику знаходитимуться в межах прийняттого або задовільного.

У подальшому актуальним є доопрацювання цієї методики, в наших дослідженнях пропонуємо орієнтуватися на екологічну складову оцінювання роботи систем питного водопостачання, враховуючи якість води з джерела водопостачання, технології водопідготовки та технічний стан мереж, адже тільки в поєднанні нормального функціонування всіх перелічених елементів, можливе забезпечення питної води належної якості.

#### **2.4. Визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання шляхом використання алгоритмів**

Побудова алгоритмів для проведення оцінювання впливу негативного фактора на середовище чи його складові – поширена практика в екологічних, технічних, математичних дослідженнях, оскільки дозволяє ідентифікувати, класифікувати та структурувати фактори, визначити рівень проявів ризиків негативних наслідків, а отже оцінити рівень небезпеки та прийняти необхідні рішення.

Переваги використання алгоритмів для оцінювання екологічної безпеки відображено в працях [2, 15, 16, 36, 37, 49, 60, 94]. В цих роботах алгоритми представлені у вигляді блок-схем оцінювання екологічної безпеки та ризиків впливу різних хімічних речовин на екосистеми та їх підсистеми, а також живі організми, які живуть в цьому середовищі та зазнають прямого впливу.

Враховуючи досвід попередніх науковців, пропонуємо екологічну безпеку питного водопостачання оцінювати застосовуючи алгоритми.

Як зазначалось раніше, екологічну безпеку питного водопостачання розуміємо, як такий стан питного водопостачання, при якому встановлено діапазони безпечності ризику прояву негативних ефектів, при зведенні до мінімуму несприятливого впливу на компоненти екосистем, насамперед на

людину, за умови використання необхідних, науково обґрунтованих економічних та енергетичних витрат.

У нашому дослідженні визначення екологічної безпеки питного водопостачання проводилися через розрахунки екологічного ризику як основного інструмента оцінювання екологічної безпеки в цілому, використовуючи методики, об'єднанні в комплексний підхід, який враховує канцерогенний та неканцерогенний вплив, де кінцево визначається діапазон безпечності впливу фактору.

Мета екологічної безпеки – зниження захворюваності, смертності, збільшення тривалості та якості життя людини. В системах екологічної безпеки питного водопостачання серед головних факторів впливу на людину є якість питної води, яка залежить від первинної якості води джерела водопостачання, технології водопідготовки, технічного стану водопровідних мереж та ін.

Абсолютне досягнення цієї мети можливе за постійного контролю і моніторингу джерел впливу та факторів, які порушують стан екологічних системи. У випадку екологічної безпеки питного водопостачання – перший етап контролю має здійснювати держава та організації, на які нею покладено функції збору даних про стан водних об'єктів, що є джерелами водопостачання. При чому безперервно контролювати ті підприємства, що здійснюють скиди стічних вод та запровадити нові підходи до водозабору, що полягатимуть в дозволі на його здійснення нижче по течії за місце скиду. Таким чином відбуватиметься природний процес стимулювання підприємств підвищувати якість очищення стічних вод, які змішуючись з водами, одразу стануть новим ресурсом для виробництва.

Щодо впливу рівня екологічної безпеки питного водопостачання на людину, то найефективніше проводити оцінку через якість питної води, проте коефіцієнт ГДК та методичний підхід співставлення значень моніторингових даних та стандарту є недостатньо ефективним через відсутність розуміння механізму впливу, прояву шкоди у випадку перевищення нормованого

значення. Інструментом, який на цьому етапі розвитку наукових досліджень оцінювання впливу антропогенної діяльності на людський організм, визнано найбільшим ефективним є екологічний ризик. На рисунках 2.1–2.3 представлено алгоритми визначення екологічної безпеки питного водопостачання – блок-схема 1 та оцінювання екологічних ризиків – блок-схема 2 для канцерогенного впливу, блок-схема 3 для неканцерогенного.

Блок-схема № 1 є універсальним інструментом оцінювання ЕБПВ. На перших етапах оцінювання після встановлення діючих факторів на об'єкт дослідження починається збір та аналіз моніторингових, статистичних даних. Після формування бази даних, визначаються проміжні показники середньорічних, середньодобових доз величин, які необхідні для подальших обчислень.

Одним з основних етапів алгоритму є етап «Визначення екологічного ризику канцерогенного та неканцерогенного», обчислення проводяться за допомогою блок-схеми 2 та блок-схеми 3, які є обов'язковими складовими оцінювання ЕБПВ. Після встановлення значень екологічних ризиків, проводиться за потреби, моделювання та прогнозування, що дозволить передбачити зміну тенденції показника в майбутньому, або створити статистичний ряд, у випадку відсутності реальних моніторингових даних.

У процесі встановлення межі ризику визначається діапазон безпечності впливу для показників, що визначатиметься межами:

$$10^{-6} \leq R_c \leq 10^{-8} \text{ – для канцерогенних факторів впливу;}$$

$$0,161 \leq R_{nc} \leq 0,160 \text{ – для неканцерогенних факторів впливу.}$$

Новизна запропонованого методу визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання полягає у тому, що в результаті ми отримаємо не просто число, яке показуватиме перевищення нормативу ГДК певної речовини в питній воді, а комплексне значення, яке характеризуватиме вплив на людину [167, 169].

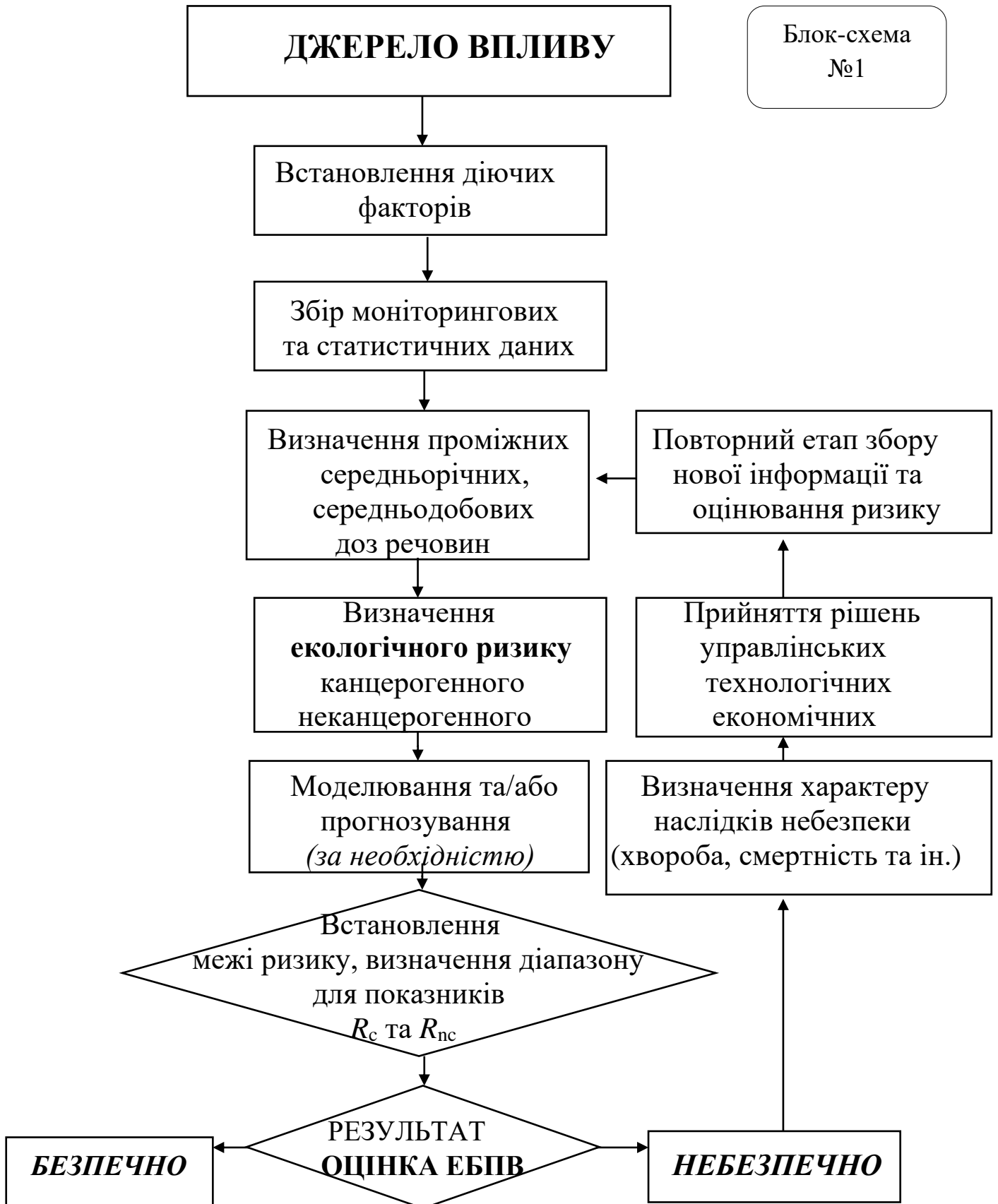


Рис. 2.1. Алгоритм визначення екологічної безпеки питного водопостачання

Остаточним кроком до встановлення рівня ЕБПВ є оцінювання меж ризику, а саме, в межах діапазону – «безпечно», поза межами «небезпечно». Для зменшення понятійної плутанини, чіткості формулювань, пропонуємо для оцінювання ЕБПВ використовувати тільки два рівня оцінювання безпеки – «безпечний» та «небезпечний». У випадку безпечного результату оцінювання – система та її складові знаходяться в стані, який дозволяє продовжити роботу підприємства та експлуатацію водного об'єкта, що є джерелом питної води. У випадку небезпечного – необхідно вживати заходи, починаючи від визначення характеру наслідків небезпеки, прийняття рішень по заміні технологій, управління та економічних витрат, завершуючи повторною оцінкою ризиків до того часу, поки не буде досягнуто результату «безпечно» [167, 169]..

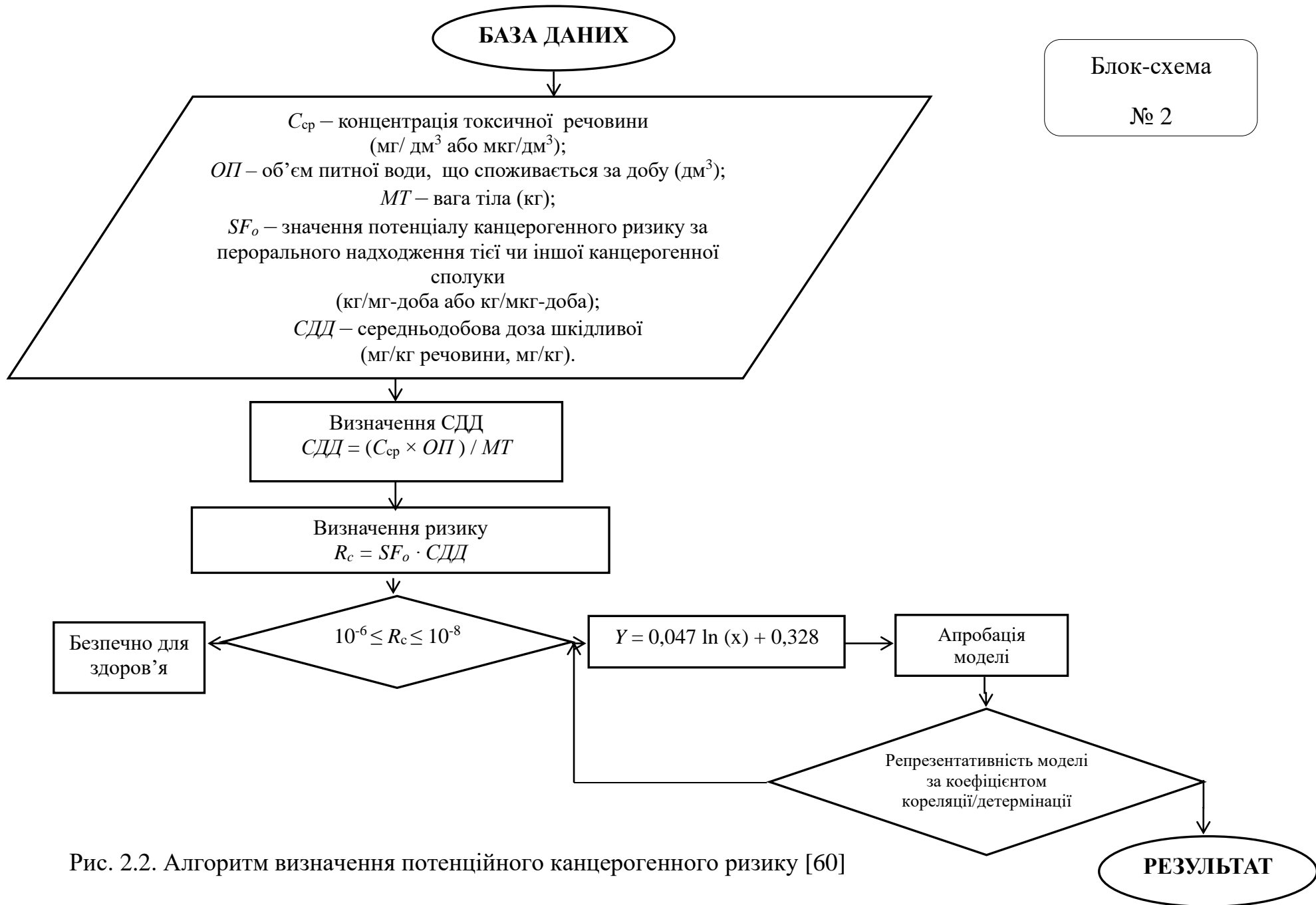


Рис. 2.2. Алгоритм визначення потенційного канцерогенного ризику [60]

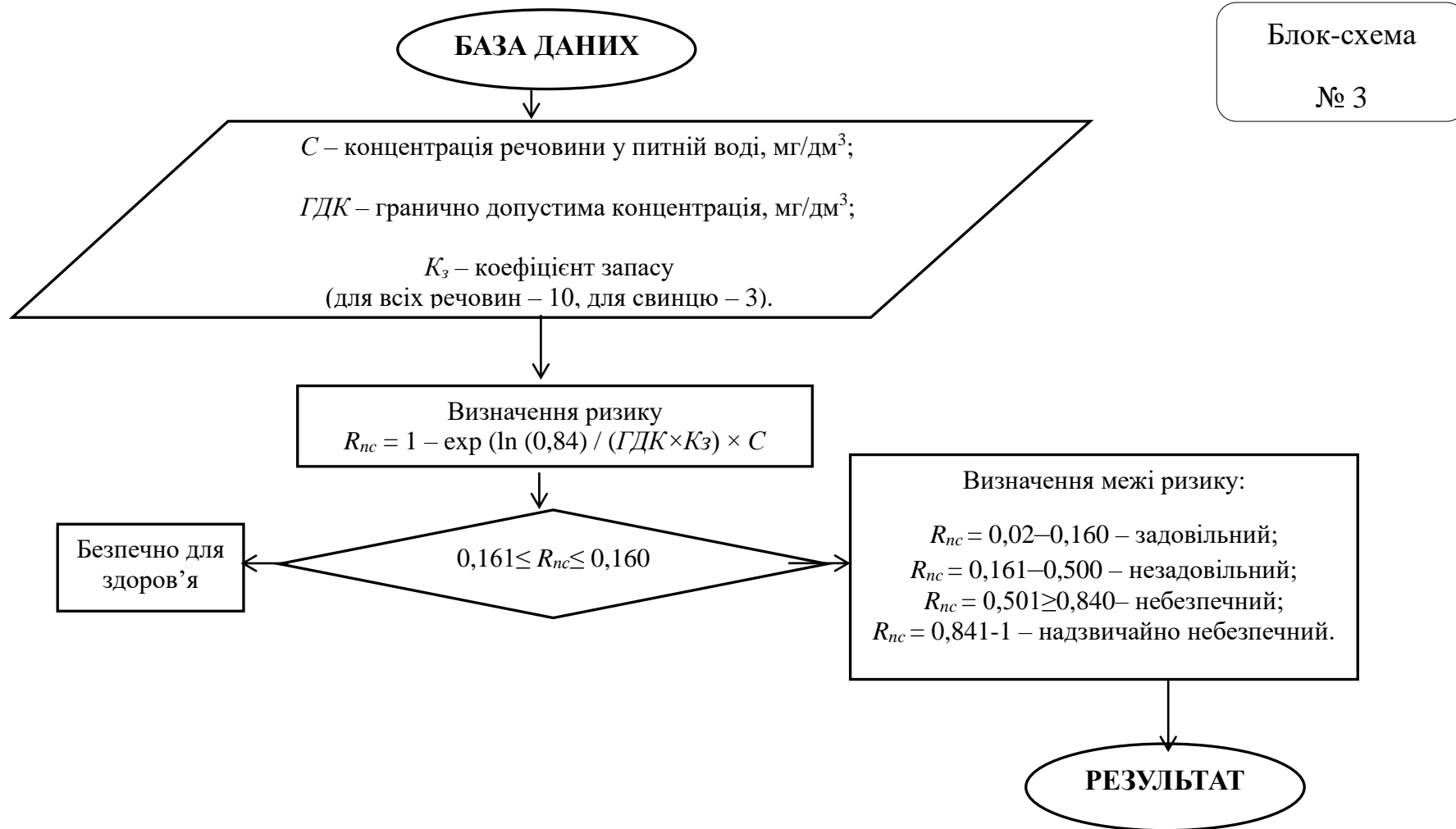


Рис. 2.3. Алгоритм визначення потенційного неканцерогенного ризику [60]

## 2.5. Висновки до другого розділу

1. Практична сторона оцінювання екологічної безпеки тривалий час є предметом численних дискусій та потребує додаткового вивчення. Більшість сучасних методів оцінювання екологічних систем мають суперечливий характер, адже екологічні системи характеризуються численними факторами, що можуть обмежувати їх розвиток. Підтвердженням цьому є екологічні закони та принципи, такі як: Закон мінімуму Лібіха, Закон толерантності Шелфорда, Закон кореляції Кюв'є та ін.

2. На основі існуючих методів оцінювання ризику доведено, що оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання доцільно здійснювати визначенням потенційного екологічного ризику. Тобто оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання в нашому науковому дослідженні проводитимемо через алгоритми визначення екологічного потенційного ризику.

3. Враховуючи досвід попередніх наукових досліджень, пропонуємо екологічну безпеку питного водопостачання оцінювати, застосовуючи алгоритми та блок-схеми визначення екологічного ризику.

Остаточним кроком до встановлення рівня ЕБПВ є визначення меж ризику, а саме, в межах діапазону – «безпечно», поза межами «небезпечно». Для зменшення понятійної плутанини, чіткості формулювань та конструктивної ясності, пропонуємо для оцінювання ЕБПВ використовувати тільки два рівня оцінювання безпеки – «безпечний» та «небезпечний». У випадку безпечного результату оцінювання – система та її складові знаходяться в стані сталого розвитку. У випадку небезпечного – необхідно вживати низку термінових заходів, починаючи від визначення характеру наслідків небезпеки, прийняття рішень щодо заміни технологій, управління та економічних витрат, завершуючи повторною оцінкою ризиків до того часу, поки не буде досягнуто результату «безпечно».



4. Потенційний ризик характеризуємо такими аспектами, як: ймовірність, наслідки реалізації ризику і важливістю наслідків. У класичному розумінні ризик виражається у вигляді формули:  $R = F \times C$ , де  $F$  – частота подій;  $C$  – наслідки.

5. Використовуючи за основу існуючі підходи, розроблені фахівцями Агентства з охорони навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency), методологію Всесвітньої Організації Охорони здоров'я (Guidelines for drinking-water quality – 4th ed.), українські методичні рекомендації, затверджені Міністерством Охорони Здоров'я, сформовано комплексний метод оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання, що передбачає визначення потенційного екологічного ризику: канцерогенного та неканцерогенного походження.

6. У подальшому актуальним є доопрацювання цієї методики, в наших дослідженнях пропонуємо орієнтуватися на екологічну складову оцінювання роботи систем питного водопостачання, враховуючи якість води з джерела водопостачання, технології водопідготовки та технічний стан мереж, адже тільки в поєднанні нормального функціонування всіх перелічених елементів, можливе забезпечення питної води належної якості.

Проте слід зазначити, що всі перелічені вище підходи, в тому числі і наш, мають недоліки. Головний – це труднощі з відокремлення факторів впливу, наприклад, якості питної води від інших чинників (якість повітря, їжі, рухова активність, спадковість та ін.).

Результати розділу 2 опубліковано у наукових працях [9, 56, 60, 63, 75, 77, 153, 167, 168].

### **РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В МІСТІ**

#### **3.1. Дослідження відповідності показників якості водопровідної води в м. Миколаєві існуючим галузевим стандартам питного водопостачання**

Для знезараження питної води на 90 % водопроводів світу та України застосовується хлор з основною метою запобігання поширенню «водних» епідемій. Водночас хлор взаємодіє з мікроорганізмами та іншими органічними речовинами (в основному гумінових і фульвокислот), що містяться у воді річок, утворюючи побічні токсичні продукти (хлорорганічні сполуки (ХОС) , більшість з яких небезпечні для здоров'я людини за рахунок вираженого токсичного (2 клас небезпеки), канцерогенного та мутагенного ефекту. За даними ВООЗ, 19 речовин – продукти хлорування води потенційно небезпечними для здоров'я населення. Серед них: тригалометани (ТГМ), хлорфеноли, сполуки з груп галооцтових кислот, галоацетонітрилів, галогенованих альдегідів, кетонів і фуранонів. Небезпечними речовинами, що утворюються під час хлорування води, є 16 ХОС: хлороформ (ХФ), 1,2-дихлоретан, тетрахлорвуглець, 1,1-дихлоретилен, дихлорбромметан, трибромметан, дибромхлорметан, 2,4,6-трихлорфенол, трихлоретилен, 2-хлорфенол, тетрахлоретилен, дихлорацетонітрил, бромформ, хлорпіридин, дихлорметан, поліхлорировані біфеніли.

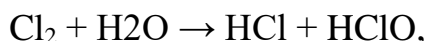
Згідно зі [105], гігієнічні нормативи вмісту ТГМ у питній водопровідній воді України становлять: для дибромхлорметану і ХФ (ГДК не більше 60  $\text{мкг/дм}^3$ ), а також інтегрального сумарного показнику суми ТГМ (сумарного вмісту ХФ, бромформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану, ГДК не більш 100  $\text{мкг/дм}^3$ ), з 01.01.2020 року застосовують гігієнічне нормування ще

4 інших ХОС: тетрахлорвуглецю, три- та тетрахлоретилену (сума), 1,2-дихлоретану.

За даними українських лабораторій, в Україні вміст ХОС, перед усім ХФ, у питній воді водопровідних станцій вміст Дніпровського басейну (Київ, Дніпро, Запоріжжя, Миколаїв) становить 189 мкг/дм<sup>3</sup> [46]. Небезпека ряду ХОС, таких як тетрахлорвуглець, бромдихлорметан, дибромхлорметан, хлоральгидрат, пов'язана з їхніми вираженими кумулятивними властивостями. Деякі ХОС мають здатність викликати найбільш несприятливий із усіх віддалених ефектів, таких як поява злоякісних пухлин.

Хлорування здійснюють за допомогою рідкого хлору або його сполук, що містять активний хлор (гіпохлорит кальцію, хлорне вапно, діоксид хлору, гіпохлорит натрію). Під дією хлору окислюються речовини, що входять до складу протоплазми клітин бактерій, внаслідок чого бактерії гинуть [135].

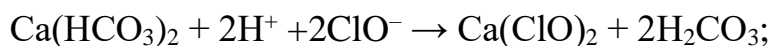
Рівняння хлорування за допомогою активного хлору:



де хлорноватиста кислота  $\text{HClO}$  не стійка і дисоціює з утворенням хлорит-іона



Оскільки у воді присутні гідрокарбонат кальцію та магнію, які зумовлюють твердість, то вони у свою чергу реагуватимуть з хлорноватистою кислотою:

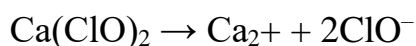


де карбонатна кислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) відразу ж розкладається на  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ .

Знезараження може відбуватися і за допомогою гіпохлориту натрію:



а також за допомогою гіпохлориту кальцію:



за допомогою діоксиду хлору:



де  $\text{HClO}_2$  теж не стійка і розпадається на такі продукти:



де хлор і вода знову взаємодіють з утворення хлоридної і хлорноватистої кислоти, а остання, відповідно, дисоціює на  $\text{H}^+$  і  $\text{ClO}^-$ .

У всіх наведених випадках хлорування, унаслідок якого бактерії і хвороботворні мікроорганізми гинуть, окисником є хлорит-іон  $\text{ClO}^-$  [135].

Основним джерелом питної води для міста є водовід «Дніпро–Миколаїв» довжиною 73 км, першу нитку якого введено в експлуатацію в 1979 році, а другу повністю добудовано у 2002 році. Комунальне підприємство, яке займається підготовкою питної води та очищенням стоків в м. Миколаєві, МКП «Миколаїводоканал» [21, 76].

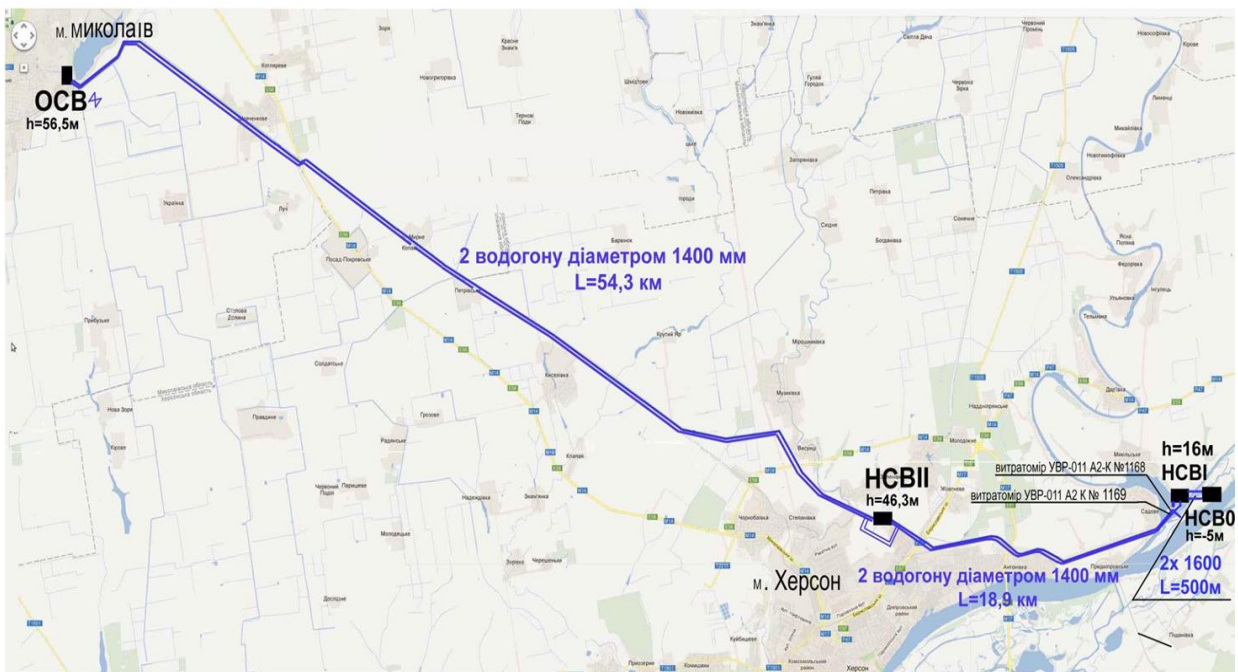


Рис. 3.1. Схема постачання води у м. Миколаїв магістральним водогоним «Дніпро–Миколаїв» [80]

Водозабір знаходиться с. Микільське Херсонської області потужністю 280 тис.  $\text{м}^3$  води на добу до насосної станції водопроводу 1-го підйому, звідки непідготовлена вода транспортується на очисні споруди. Потужність очисних споруд водопроводу дорівнює 190 тис.  $\text{м}^3$  води на добу. Вода, яка

підлягає частковому фізичному та обробітку хлором, транспортується на очисні споруди м. Миколаєва об'ємом  $21 \text{ м}^3/\text{рік}$  трубопроводом з постійним напором [62, 76].

Після очисних споруд розподільчими трубопроводами загальною довжиною близько 1000 км і за допомогою 21 підвищувальної насосної станції водопроводу, очищена питна вода подається споживачам міста цілодобово. Середньодобове споживання води складає близько 190 тис.  $\text{м}^3$ , з яких 80 % споживається населенням (централізованим водопостачанням користується близько 83 % населення м. Миколаєва) .

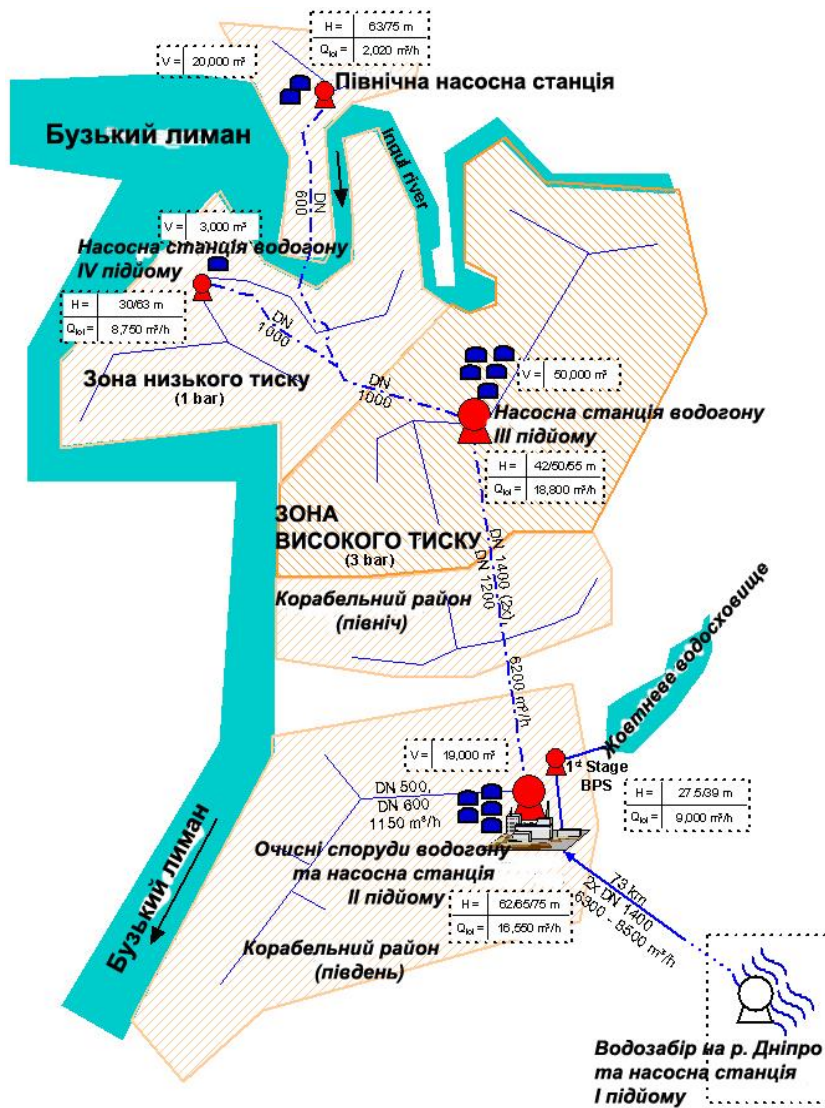


Рис. 3.2. Інфраструктура підприємства МКП «Миколаївводоканал» [80]

Система трубопроводів зношена і потребує капітального ремонту, оскільки строк експлуатації деяких мереж перевищує 50, 60, 70 і навіть 80 років. Близько 55 км мереж знаходяться в аварійному стані, як наслідок – втрати очищеної питної води в мережах досягли рівня 34 % від загального водоспоживання.

У практиці водоочищення Миколаєва, на водогонних станціях використовується газоподібний хлор та гіпохлорит натрію. Перший раз хлорують воду дозою 1,5 мг/дм<sup>3</sup> перед відстійником, другий – дозою 0,3–0,5 мг/дм<sup>3</sup> після фільтрів [62, 68, 115]. Відомо, що технології, де використовують хлор та його похідні, можуть призводити до утворення у питній воді хлорорганічних сполук, які негативно впливають на організм людини. На рис. 3.3 зображено схему етапів водопостачання на МКП «Миколаївводоканал».

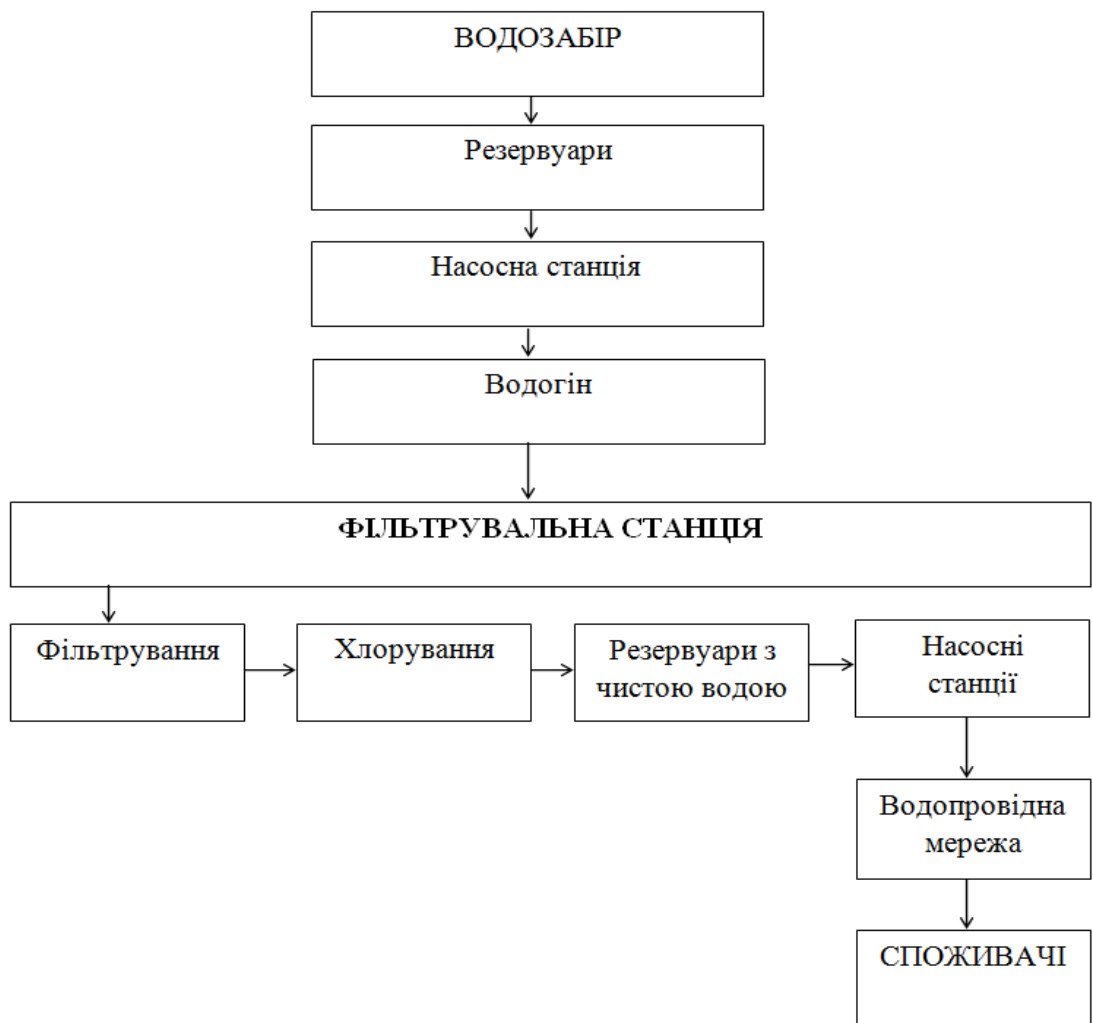


Рис. 3.3. Схема водопостачання на МКП «Миколаївводоканал»

З метою аналізу якості питної води у водопровідній мережі та визначення потенційного екологічного ризику, як показника екологічної безпеки питного водопостачання, проведено математичні розрахунки з використанням даних Миколаївської СЕС (до 2013 року) та лабораторії МКП «Миколаївводоканал» [43].

Опрацьовано масив даних Журналу обліку результатів дослідження питної води централізованого водопостачання 2003–2013 роки на станції РЧВ № III МКП Миколаївводоканал та лабораторії МКП «Миколаївводоканал» за період 2013–2018 рр., до якого занесено інформацію більш ніж за 30 показниками, а саме: РН, Залишковий хлор мг/ дм<sup>3</sup>, Перманганатна окиснюваність мгО<sub>2</sub>/ дм<sup>3</sup>, Азот мг/ дм<sup>3</sup>, Загальна жорсткість мг-кв/ дм<sup>3</sup>, Сухий залишок мг/ дм<sup>3</sup>, Хлориди мг/ дм<sup>3</sup>, Сульфати мг/ дм<sup>3</sup>, Залізо мг/ дм<sup>3</sup>, Мідь мг/ дм<sup>3</sup>, Цинк мг/ дм<sup>3</sup>, Миш'як мг/ дм<sup>3</sup>, Свинець мг/ дм<sup>3</sup>, Фтор мг/ дм<sup>3</sup>, Залишковий алюміній мг/ дм<sup>3</sup>, Поліакриламід мг/ дм<sup>3</sup>, Поліфосфати мг/ дм<sup>3</sup>, Берилій мг/ дм<sup>3</sup>, Селен мг/ дм<sup>3</sup>, Марганець мг/ дм<sup>3</sup>; Специфічні речовини, характерні для місцевих умов, мг/ дм<sup>3</sup>: Нітрити, Нітрати, Нафтопродукти, Кадмій, Феноли, Хром загальний, Хром+6, Хром +3, СПАВ; Нікель, Магній, Кальцій, Алюміній [62, 66, 73].

Виявлено, що за досліджуваній період існувало постійне перевищення нормативів допустимих концентрацій, що встановлені ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за такими показниками: перманганатна окиснюваність, нітрити, нікель; а також періодичне перевищення за вмістом залишкового хлору, заліза, марганцю та кадмію.

На рисунках 3.4–3.8 [53, 66, 70, 73] зображено динаміку середньорічної концентрації вмісту у питній воді речовин, за якими є перевищення нормативу. Відповідно до [107], ГДК вмісту становить для: перманганатної окиснюваності – 5 мг/дм<sup>3</sup>, нітритів – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, нікелю – 0,02 мг/дм<sup>3</sup>, залишкового хлору – 0,5 – 1,2 мг/дм<sup>3</sup>, заліза – 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, марганцю – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, кадмію – 0,0001 мг/дм<sup>3</sup>.

Спостерігається динаміка до постійного перевищення нормативу за вмістом нікелю до 5 ГДК та ПО до 1,8 ГДК.

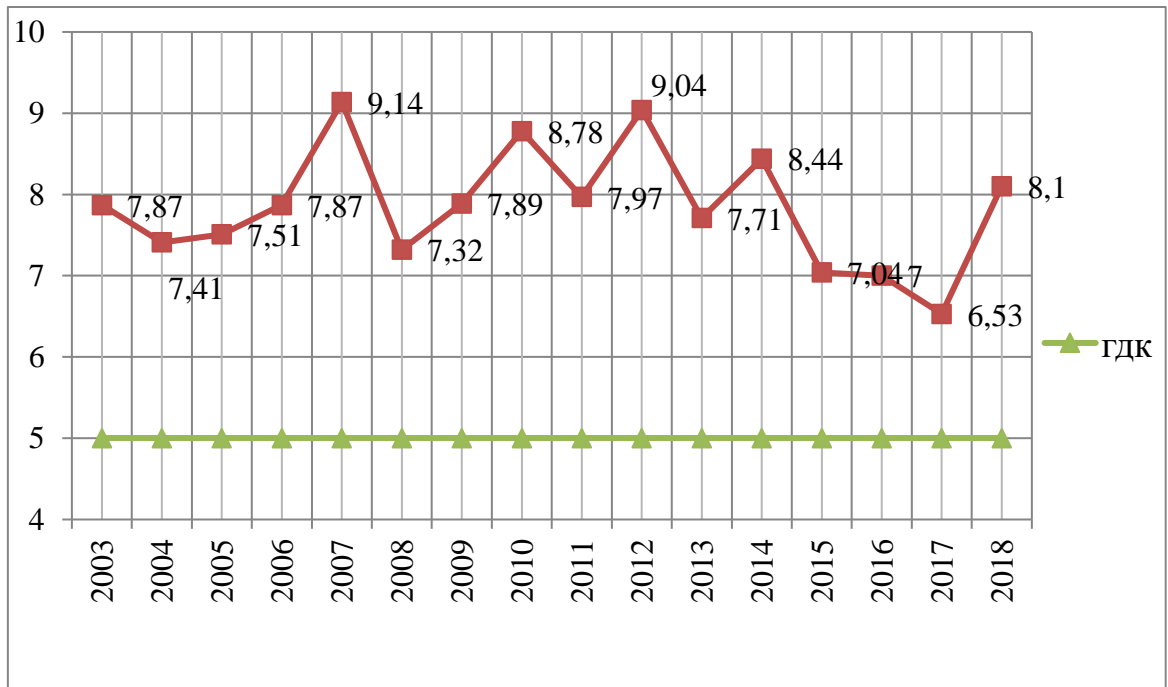


Рис. 3.4. Динаміка середньорічного значення концентрації ПО, мг/дм<sup>3</sup>

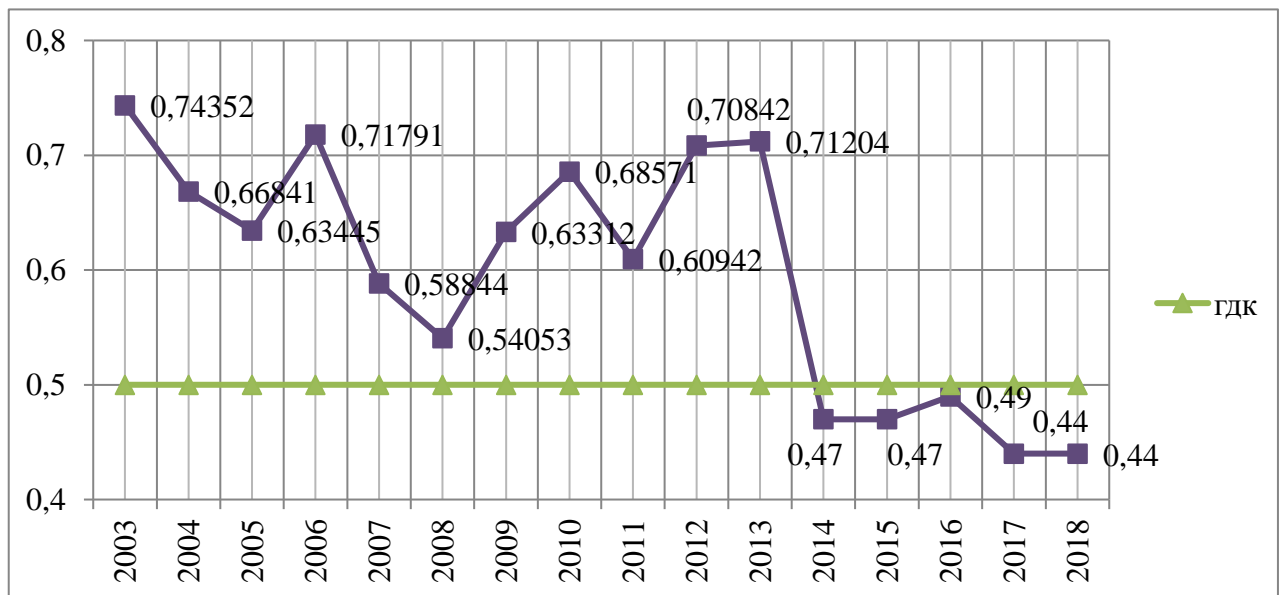
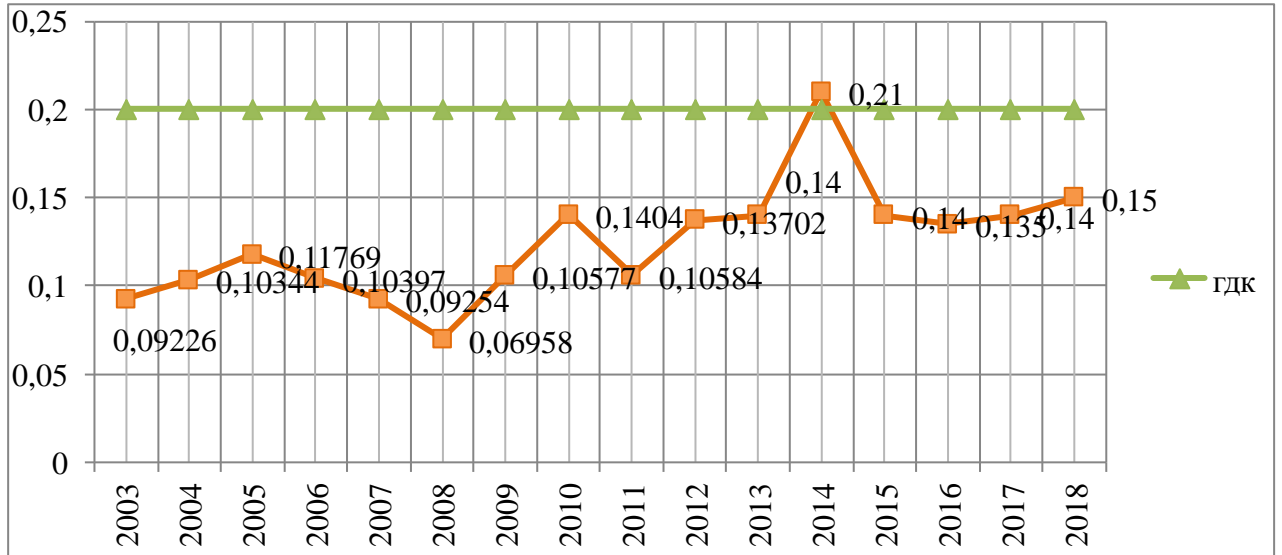
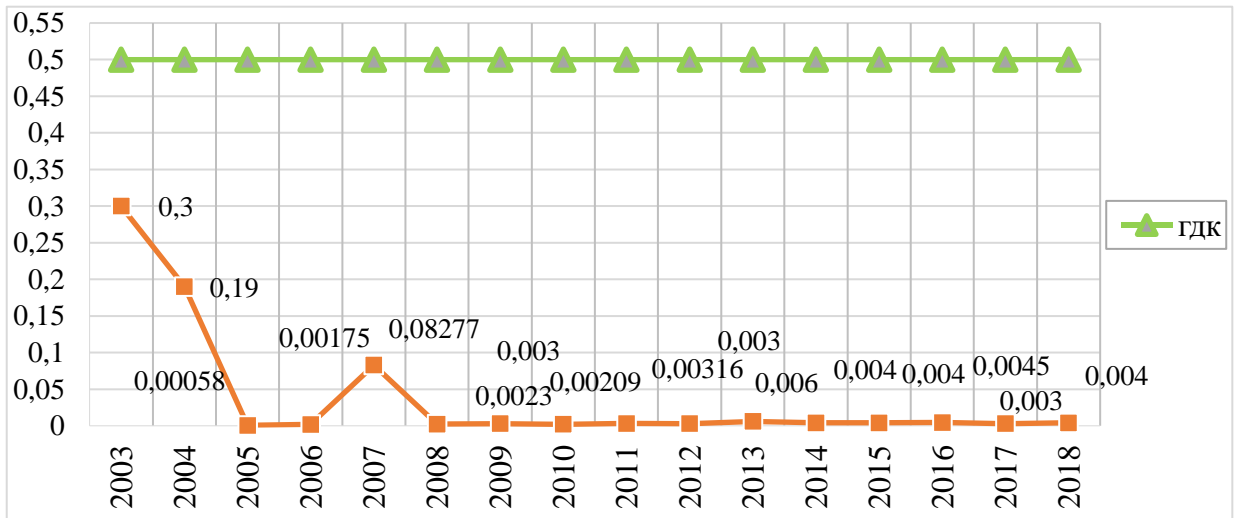
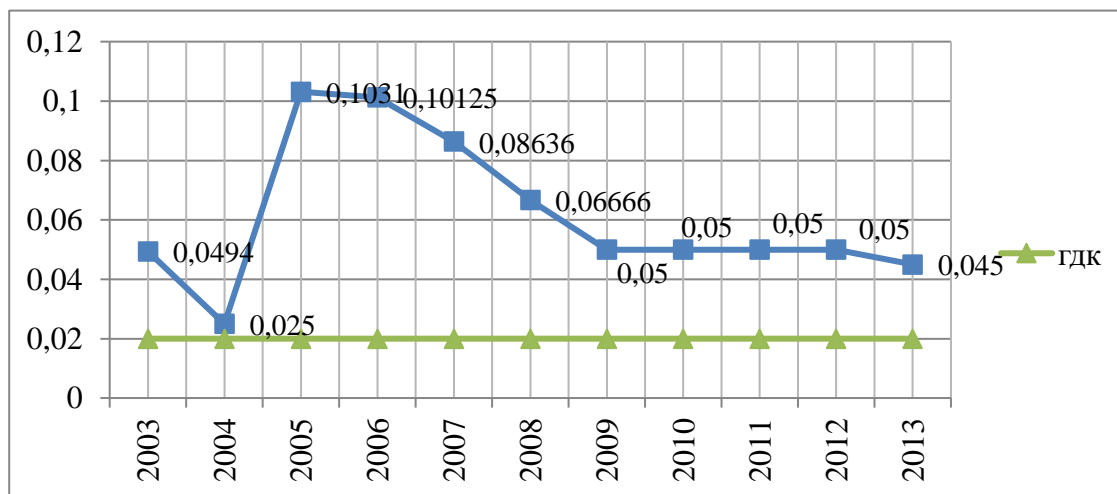


Рис. 3.5. Динаміка середньорічного значення концентрації залишкового хлору, мг/дм<sup>3</sup>



Рис. 3.6. Динаміка середньорічного значення концентрації заліза, мг/дм<sup>3</sup>Рис. 3.7. Динаміка середньорічного значення концентрації нітритів, мг/дм<sup>3</sup>Рис. 3.8. Динаміка середньорічного значення концентрації нікелю, мг/дм<sup>3</sup>

Підвищений вміст цих речовин у воді може становити небезпеку для організму людини, що виражається в проявах, описаних нижче.

**Нікель:** накопичується в печінці, підшлунковій, щитовидній залозах та інших тканинах. При інтоксикації нікелем характерне виникнення алергій, дерматитів, бронхіальної астми, ринітів. Тривалий контакт з нікелем підвищує ризик розвитку новоутворень.

**Перманганатна окиснюваність.** Органічні речовини, що обумовлюють підвищене значення ПО, негативно впливають на печінку, нирки, репродуктивну функцію, а також на центральну нервову та імунну системи людини.

**Залізо:** за високого вмісту у питній воді порушується процес кровотворення, можливий цироз печінки, гострі отруєння дітей, рак прямої кишки, цукровий діабет.

**Нітрити:** викликають у людини метгемоглобінемію (кисневе голодування, викликане переходом гемоглобіну крові в метгемоглобін, речовину, не здатну переносити кисень), рак шлунку, негативно впливають на нервову і серцево-судинну системи, на розвиток ембріонів.

Проаналізувавши відповідність наявних статистичних даних показників якості водопровідної води в м. Миколаєві існуючим галузевим стандартам питного водопостачання [107], виявлено періодичне перевищення за такими показниками: перманганатна окиснюваність (1,8 ГДК), нікель (5 ГДК); а також періодичне перевищення за вмістом залишкового хлору, заліза, марганцю та кадмію, тому таку воду бажано доочищувати. Наразі не відомими є причини різких змін динаміки, а саме – різкого падіння концентрації з вмісту залишкового хлору та нітритів.

### 3.2. Визначення якості вод підземних джерел питного водопостачання у віддаленому мікрорайоні міста Миколаїв

Основою дослідження слугували зразки експериментального матеріалу підземних вод мікрорайону Варварівка, відібрані зі свердловин в лютому 2021 року. В табл. 3.1. подано загальну характеристику досліджуваних свердловин.

Зазначимо декілька причин того, чому для дослідження якості підземних джерел було обрано мікрорайон Варварівка. Тривалий час, а саме до кінця 2020 року, жителі мікрорайону не мали доступу до централізованого водопостачання. Як питну воду населення використовує привізну бочкову воду з міського водоводу, воду з артезіанських свердловин сусідніх населених пунктів, а також з підземних джерел, що розташовані в мікрорайоні. В листопаді 2020 року було завершено будівництво дюкера через Південно-Бузький лиман, який заплановано використовувати для подачі водопровідної води з центрального району Миколаєва до мікрорайону. У 2021 році розпочато роботи з проектування та прокладання головних магістралей водопровідної мереж у Варварівці.

Зразки підземних вод перевірено за такими показниками якості: рН, мінералізація, жорсткість, ПО, залізо, нітрити, хлориди, сульфати. Результати представлено в табл. 3.2 та графічно зображено на рисунках 3.10.–3.15.

Таблиця 3.1

Характеристика досліджуваних свердловин в м. Варварівка

№	Адреса, вул.	Глибина, м	Період експлуатації, рр.
1	Очаківська, 82	25	21
2	Зарічна, 111	28	28
3	Травнева, 2	30	>50
4	Клубна, 134	30	>50
5	Очаківська, 242	25	50
6	Бузька, 35	27	40

Таблиця 3.2

## Аналіз показників якості підземних вод в мікрорайоні Варварівка

№ свердловини	pH	мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	жорсткість, молль/дм <sup>3</sup>	ПО, мг/дм <sup>3</sup>	залізо, мг/дм <sup>3</sup>	нітри, мг/дм <sup>3</sup>	хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	сульфати, мг/дм <sup>3</sup>
I	6,6	5200	53	1,02	0,22	0,04	1191	708
II	6,1	5600	61	5,44	0,05	0,003	1687	892
III	6,3	3500	40	3,52	0,08	0,31	1065	660
IV	6,2	2100	24	3,44	0,06	0,24	532	524
V	6,3	3600	38	3,6	0,17	0,4	1106	448
VI	6,4	5000	57	3,84	0,06	0,01	1290	996

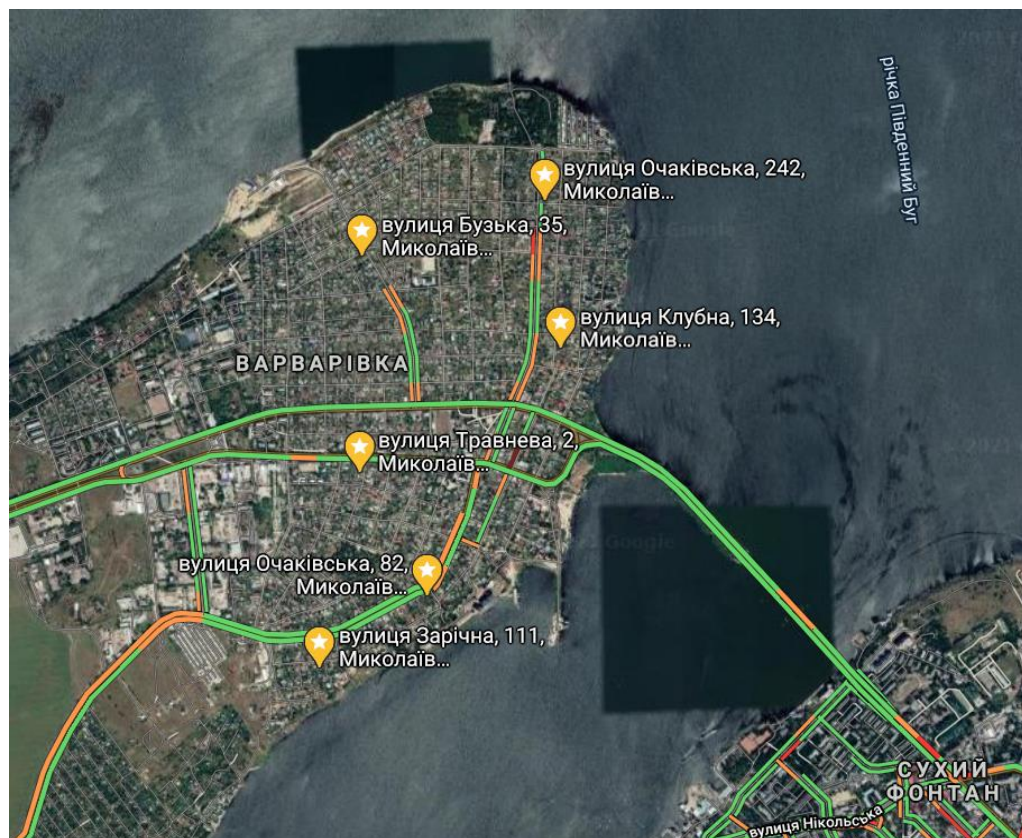


Рис. 3.9. Розміщення точок відбору зразків підземних вод у мікрорайоні Варварівка

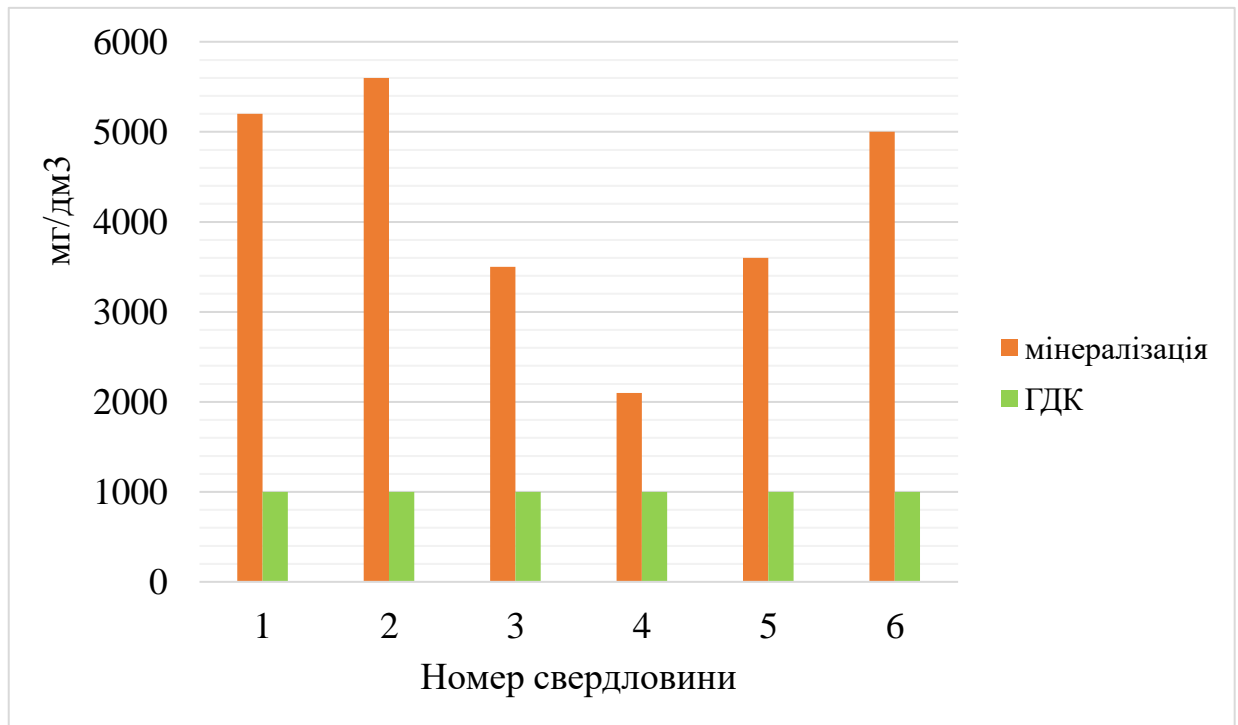


Рис. 3.10. Мінералізація підземних вод у мікрорайоні Варварівка

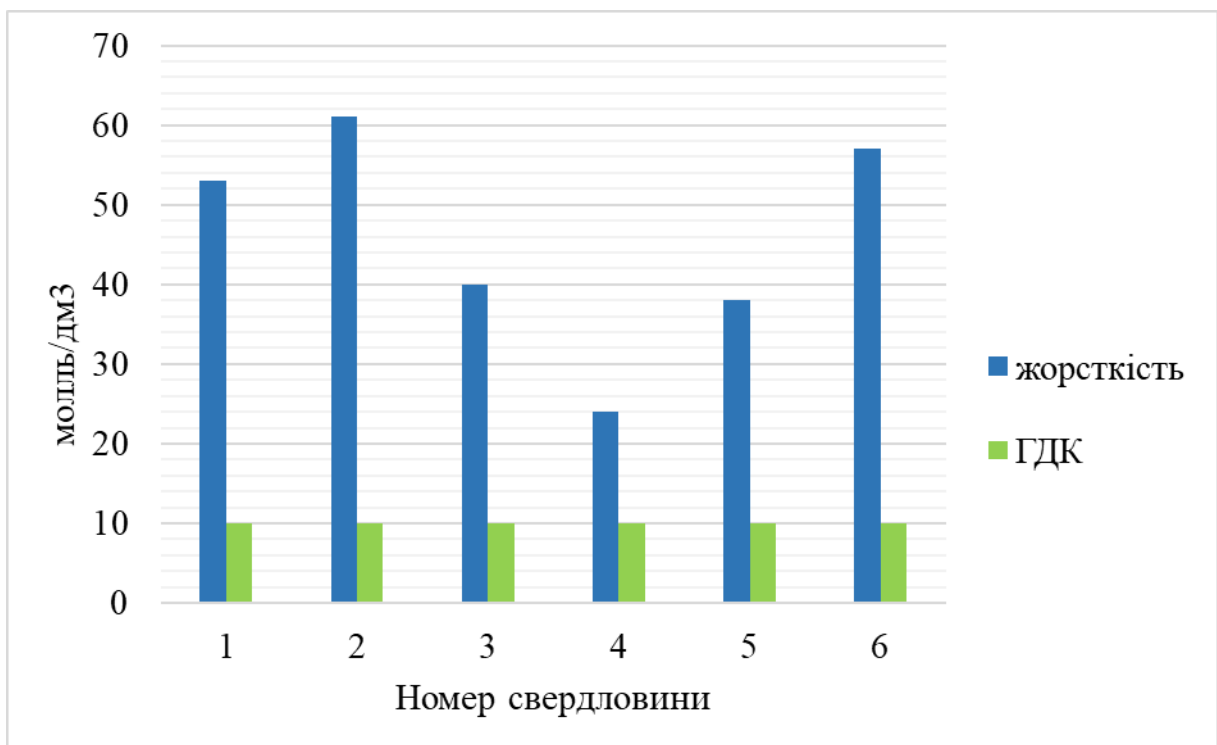


Рис. 3.11. Жорсткість підземних вод у мікрорайоні Варварівка

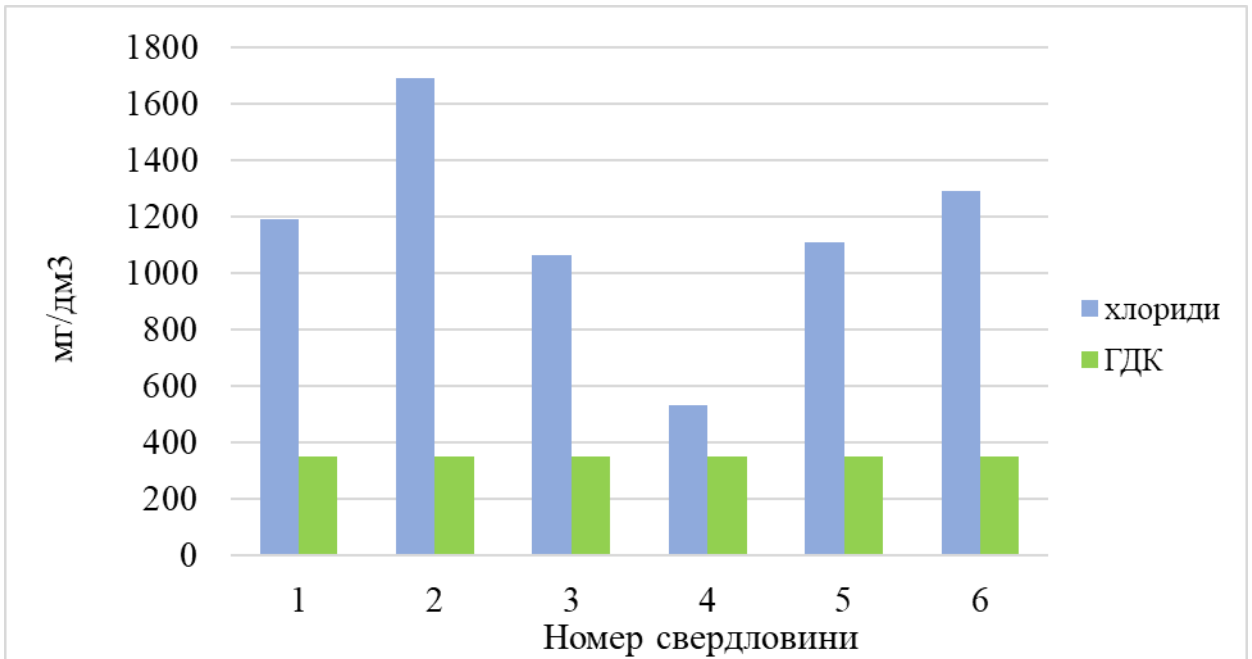


Рис. 3.12. Вміст хлоридів у підземних водах у мікрорайоні Варварівка

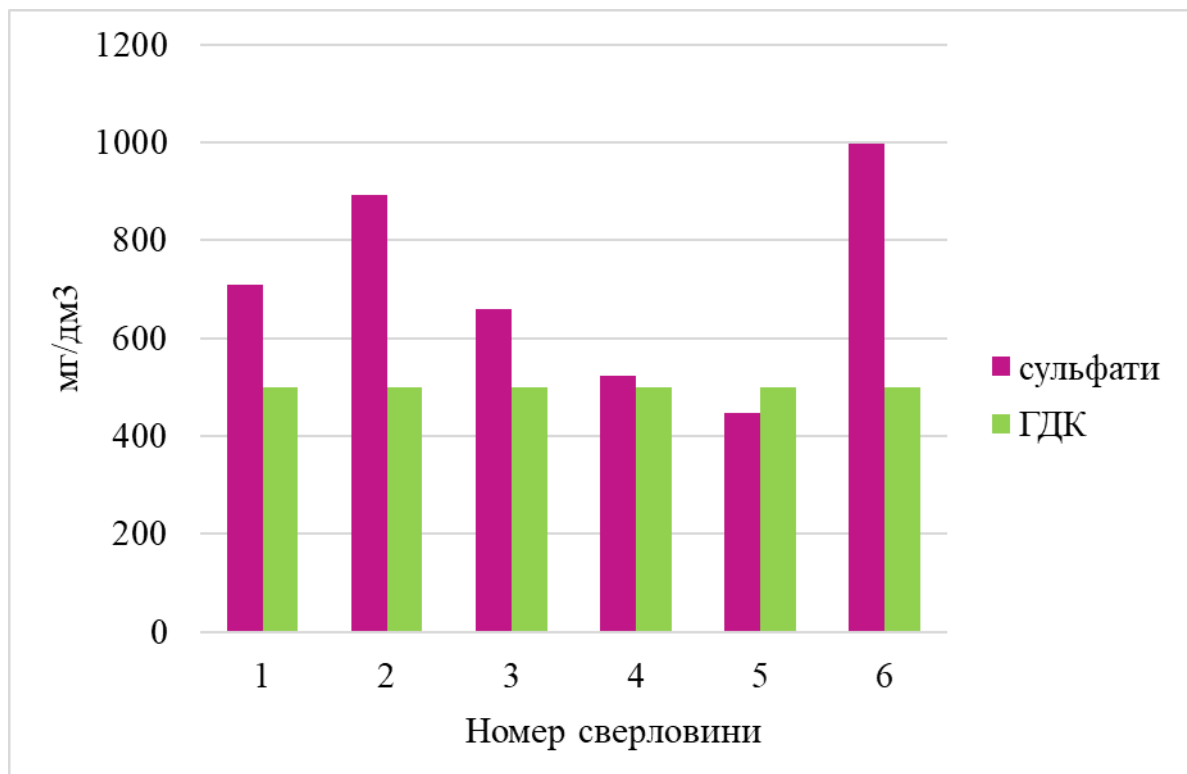


Рис. 3.13. Вміст сульфатів у підземних водах у мікрорайоні Варварівка

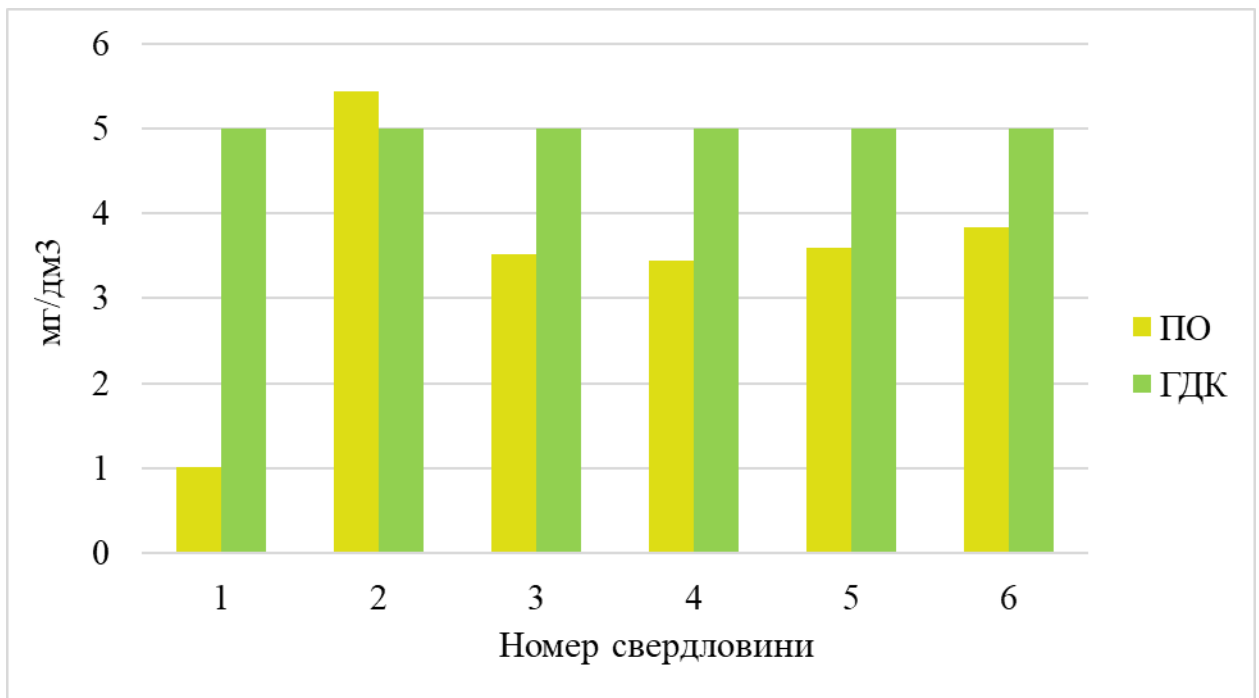


Рис. 3.14. Значення перманганатної окиснюваності підземних вод у мікрорайоні Варварівка

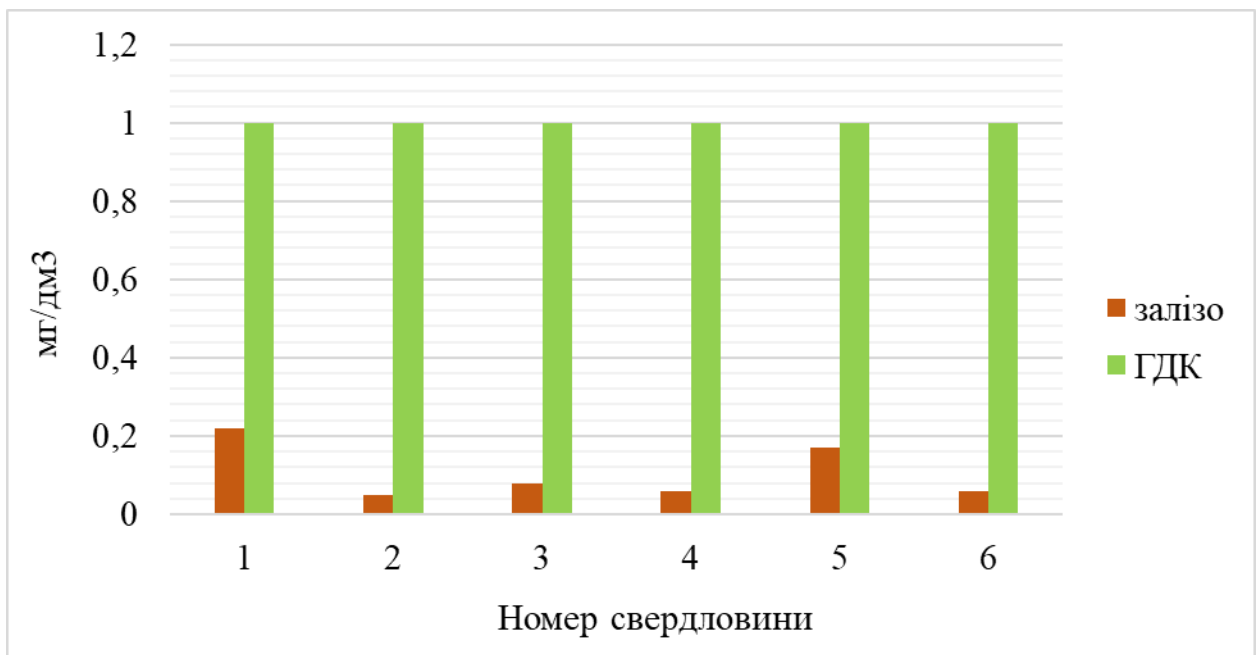


Рис. 3.15. Масова частка заліза у підземних водах у мікрорайоні Варварівка

Проведене дослідження визначення якості питної води в мікрорайонах міста за таким показником як жорсткість води, яку частина населення використовує для питних потреб, показало, що вода з більшості досліджуваних пунктів належить до дуже твердої.

Природна вода обов'язково містить розчинені солі і гази (кисень, азот та ін.). Присутність у воді іонів  $Mg^{2+}$  і  $Ca^{2+}$  та деяких інших, здатних утворювати тверді опади при взаємодії з аніонами життєвих органічних кислот, що зумовлює так звану жорсткість води. Розрізняють тимчасову і постійну жорсткість води. Обумовлено це розходження типом аніонів, які присутні в розчині як протипага кальцію та магнію.

Відбір проб здійснювався відповідно до вимог чинних стандартів безпосередньо в пунктах проживання зі свердловин глибиною до 30 метрів. Зафіксовано, що в деяких пунктах відбору жорсткість становила більше 40 ммоль екв/л, що свідчить про те, що дану воду не можна вживати для питних потреб, крім того вона частково не придатна і як технічна.

Висока жорсткість погіршує органолептичні властивості води, надаючи їй гіркуватий смак. Якщо постійно пити таку воду, є ризик утворення каміння в нирках та жовчному міхурі. Солі порушують усмоктування жирів унаслідок їх омилення й утворення в кишечнику нерозчинних кальцієво-магнієвих миль. При цьому обмежується надходження в організм людини поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів, деяких мікроелементів. Зокрема, вода із жорсткістю понад 10 міліграм-еквівалентів на літр підвищує ризик захворювання на ендемічний зоб, а також сприяє розвитку дерматиту. Тому використання води з підземних джерел у мікрорайоні Варварівка може бути небезпечним для здоров'я.

Крім того, виникає ще одна проблема – це непридатність цих джерел для технічних потреб, адже жорстка вода мало придатна для поливу, для прання, для гігієнічних потреб та ін. Пов'язано це з тим, що при взаємодії солей жорсткості з миючими речовинами (мило, пральні порошки, шампуні) може відбуватися утворення нерозчинних «мильних шлаків» у вигляді піни. Така піна після висихання залишається у вигляді нальоту на сантехніці, білизні, людській шкірі, на волоссі.

Жорстка вода призводить до утворення накипу на нагрівачах пральних машин, виводить їх з ладу, погіршує миючі властивості мила. Катіони  $Ca^{2+}$  і



Mg<sup>2+</sup> реагують з жирними кислотами мила, утворюючи малорозчинні солі, які створюють плівки і опади, в результаті знижуючи якість прання та підвищуючи витрата миючого засобу. При пранні тканин жорсткою водою утворюються нерозчинні сполуки, що осідають на поверхні ниток і поступово руйнують волокна.

Проаналізувавши відповідність даних показників якості води підземних джерел в мікрорайоні м. Миколаєва існуючим галузевим стандартам питного водопостачання [38, 107] виявлено, що таку воду не можна використовувати як питну, а лише для технічних потреб.

### **3.3. Визначення потенційного екологічного ризику як основного показника екологічної безпеки питного водопостачання**

Українська чинна система аналізу і контролю нормованих хімічних і мікробіологічних показників води, заснована на диференційованому визначенні їх концентрації та зіставленні її з нормованими значеннями. Хоча, як показує досвід, це не завжди є ефективним. Тому слід розширити нормативні поняття стандартів якості питної води ввівши до основних документів поняття потенційного ризику, саме з позиції оцінювання впливу підвищених значень ГДК на організм людини.

Як зазначалося раніше, в нашому дослідженні поняття потенційний ризик – це кількісна характеристика якісного стану об'єкта, в умовах небезпеки ймовірних проявів токсичних ефектів, внаслідок порушення природнього балансу в навколишньому природньому середовищі та неприродному (техногенному, штучному) середовищі існування людини.

Проаналізувавши наявні формалізовані математичні залежності, існуючі методологічні підходи в оцінці ризиків та визначенні безпеки екологічних систем, було запропоновано в розділі 2, пункті 2.3. комплексний метод оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання шляхом визначення потенційного екологічного ризику.

Використовуючи цей метод, основні підходи якого викладені в 2 розділі, виконано оцінку потенційного екологічного ризику (канцерогенного та неканцерогенного) для жителів Миколаєва при вживанні водопровідної води та води з підземних водних джерел.

Для визначення канцерогенного ризику використовуємо лінійну залежність:

$$R_c = SF_o \times ADD,$$

де  $SF_o$  – величина потенціалу канцерогенного ризику за перорального надходження тієї чи іншої канцерогенної сполуки (кг/мг-доба або кг/мкг-доба);

$ADD$  (СДД) – середньодобова доза шкідливої речовини (мг/кг).

Значення величини потенціалу канцерогенного ризику беремо з табл. 2.4.

Оскільки на підприємстві «Миколаївводоканал» не проводяться вимірювання на вміст хлороформу у питній воді, було використано дані моніторингових досліджень Інституту гігієни та медичної екології імені О. М. Марзєєва АМН, що встановлені в рамках НДР «Вивчити стан забруднення питної води України токсичними тригалогенметанами та розробити профілактичні заходи» [16]. Для проведення часового моделювання взято середньорічні показники вмісту хлороформу у питній воді, що наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення концентрації хлороформу у питній воді м. Миколаєва

<b>Рік</b>	<b>Середньорічна концентрація хлороформу у хлорованій воді, (мг/ дм<sup>3</sup>)</b>
2007	0,33
2008	0,36
2009	0,38
2010	0,39
2011	0,40
2012	0,42

У табл. 3.4. наведено значення параметрів, необхідних для проведення розрахунків.

Таблиця 3.4

Значення параметрів, необхідних для розрахунків

Показник	Значення
Об'єм питної води, що споживається за добу, дм <sup>3</sup>	3
Вага тіла, кг	70
Значення потенціалу канцерогенного ризику за перорального надходження хлороформу, кг/мг-доба <sup>-1</sup>	0,031

Проведено розрахунок середньодобової дози хлороформу, мг/кг (СДД, яка може надходити до організму з питною водою) в період з 2007–2012 рік за формулою (2.6). Для розрахунку ймовірності використано лінійну залежність (2.8).

В основу розрахунків покладено такі вимоги:

- ризик визначається з огляду на щоденне споживання води з певною концентрацією хлороформу впродовж всього життя людини;
- наявні дані щодо канцерогенного потенціалу сполуки;
- середньодобове споживання води становить 3 дм<sup>3</sup>;
- середня вага людини 70 кг;
- розрахований ризик є кумулятивний за 70 років (середня тривалість життя).

У цьому підході не враховується наявність в людини хронічних хвороб чи загальний стан її імунної системи, оскільки цей розрахунок носить популяційний характер, не враховуючий індивідуальний стан окремих представників досліджуваного соціуму.

Проведено регресійний аналіз та обрано логарифмічну залежність (рис. 3.16), яка найточніше описує тенденцію зміни концентрації та логарифмічну лінію тренду, рівняння якого має вигляд, коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,98$

$$Y = 0,0473 \ln(x) + 0,3281,$$

(3.1)

де  $Y$  – концентрація хлороформу, мг/дм<sup>3</sup>;

$x$  – номер року за порядком.

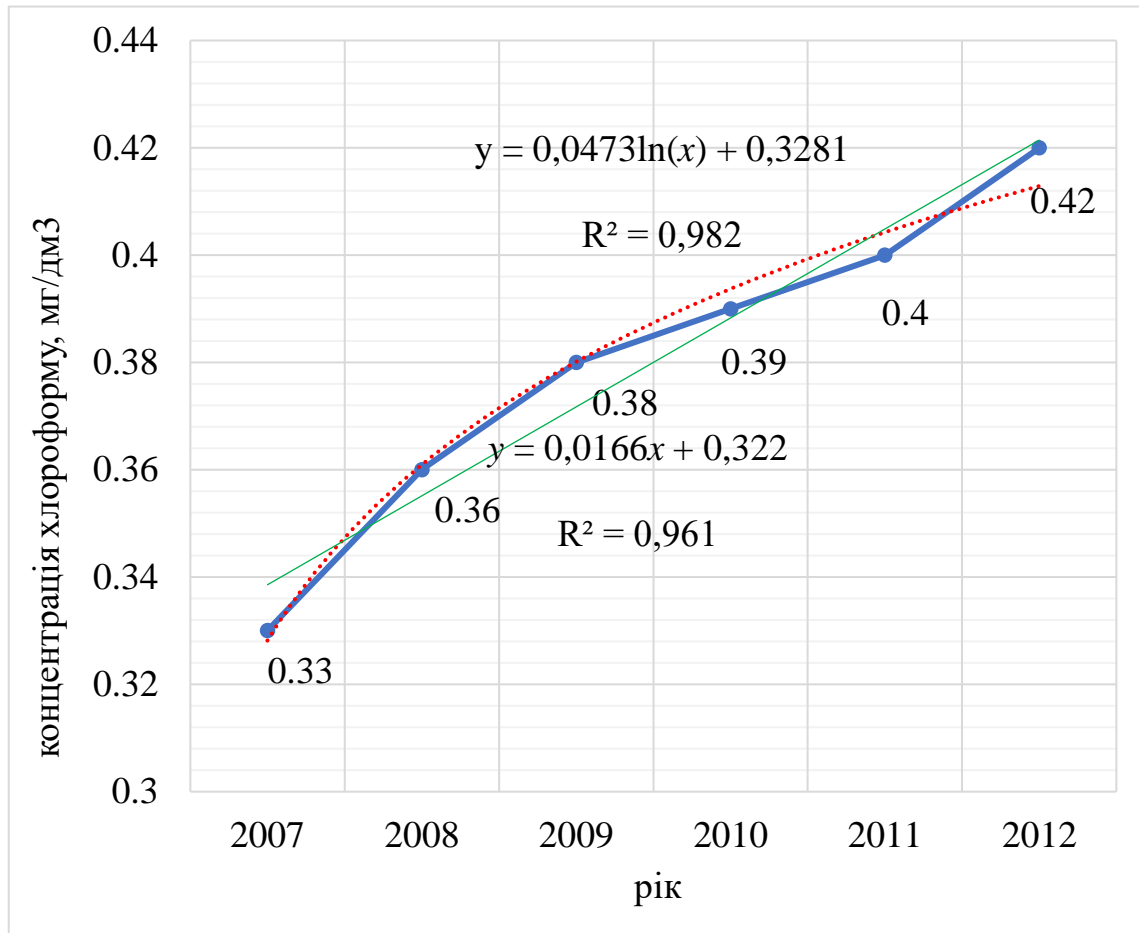


Рис. 3.16. Графік концентрації хлороформу та вибір лінії тренду [79]

Вводимо лінійну залежність (3.1), яка виступає імітаційною моделлю до програми Curve Expert, де розрахунок проводиться для кожного року в період з 2007–2012 рік та отримуємо дані нового періоду до 2017 року.

За результатами отриманих даних можна зробити висновок, що за вживання протягом життя питної води із вмістом хлороформу у 0,42 мг/дм<sup>3</sup> можна очікувати розвиток близько 60 додаткових онкологічних захворювань у когорті населення м. Миколаєва численністю майже 500 000 осіб [79].

На основі отриманої імітаційної моделі (3.1) визначено концентрації хлороформу у питній воді та ризик, ймовірність виникнення захворювань у населення міста.

Таблиця 3.5

Ймовірність виникнення онкологічних захворювань населення

<b>Рік</b>	<b>Середньорічна концентрація хлороформу у хлорованій воді (С<sub>ср</sub>), мг/ дм<sup>3</sup></b>	<b>Середньодобова доза хлороформу (СДД), мг/кг</b>	<b>Індивідуальний ризик</b>
2007	0,33	0,0141	$4,4 \cdot 10^{-4}$
2008	0,36	0,0154	$4,8 \cdot 10^{-4}$
2009	0,38	0,0163	$5,0 \cdot 10^{-4}$
2010	0,39	0,0167	$5,2 \cdot 10^{-4}$
2011	0,40	0,0171	$5,3 \cdot 10^{-4}$
2012	0,42	0,0180	$5,6 \cdot 10^{-4}$
2013	0,45	0,0193	$6,0 \cdot 10^{-4}$
2014	0,57	0,0244	$7,6 \cdot 10^{-4}$
2015	0,61	0,0261	$8,1 \cdot 10^{-4}$
2016	0,68	0,0291	$9,0 \cdot 10^{-4}$
2017	0,70	0,0300	$9,3 \cdot 10^{-4}$

У результаті проведених розрахунків моделювання ризику виникнення захворювання маємо дані, наведені у таблиці 3.5 ймовірності виникнення ракових захворювань у когорті населення м. Миколаєва.

Використання такого методу водопідготовки, як подвійне хлорування, є небезпечним для здоров'я водоспоживачів, оскільки ХОС можуть викликати додаткові ризики розвитку онкологічних захворювань.

Появу злоякісних новоутворень часто пов'язують з використанням такої технології водопідготовки, як хлорування про згадується в таких наукових працях [44, 46, 48, 59, 62, 96, 124, 127, 135, 164]. Тому для встановлення

залежності між цим припущення, було проаналізовано інформацію щодо зареєстрованих злоякісних новоутворень, що зафіксована у щорічних бюлетенях Національного канцер-реєстру «Рак в Україні» [14].

Динаміка кількості зареєстрованих онкологічних захворювань у населення міста Миколаєва за 2007–2017 рр. представлена на рис. 3.17.

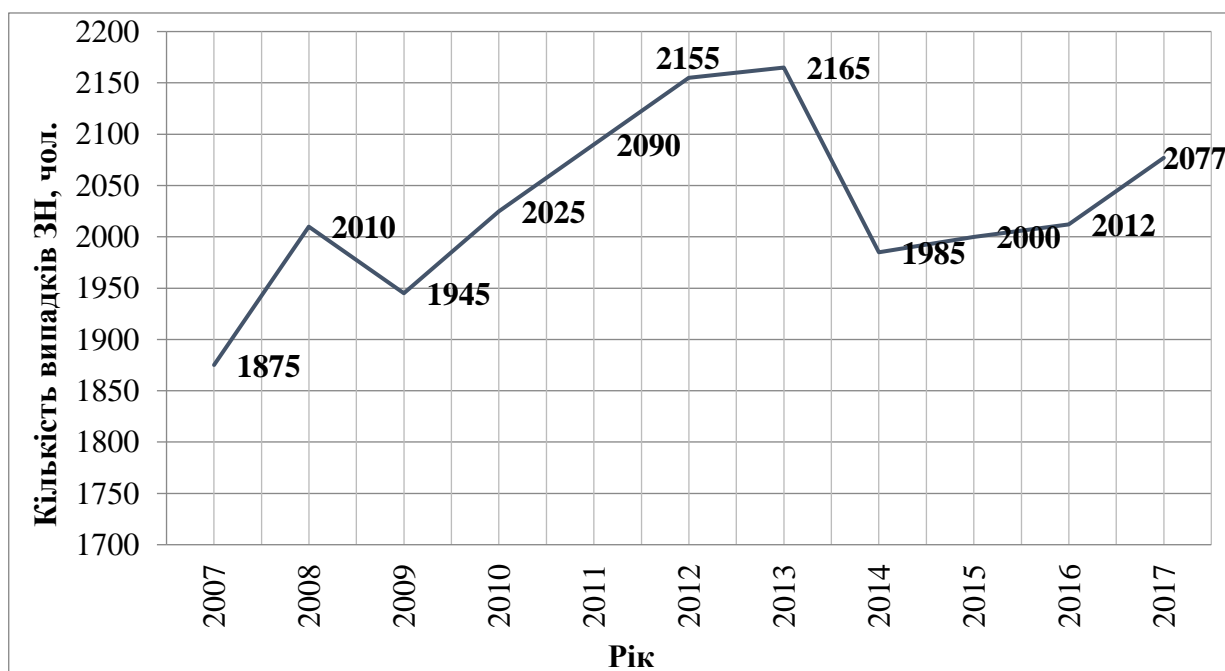


Рис. 3.17. Динаміка кількості зареєстрованих онкологічних захворювань у населення міста Миколаєва [

Використовуючи розрахункові дані та дані канцер-реєстру проведено кореляційний аналіз для встановлення залежності між концентрацією хлороформу у водопровідній воді м. Миколаєва та кількістю зафіксованих випадків онкологічних захворювань.

Кореляцією (кореляційним зв'язком) між випадковими величинами (ознаками) називають наявність статистичного або ймовірнісного зв'язку між ними.

Для кількісних ознак найчастіше застосовують коефіцієнти кореляції Пірсона і Фехнера. Коефіцієнт кореляції Пірсона (коефіцієнт кореляційного відношення Пірсона, парний коефіцієнт кореляції, вибірковий коефіцієнт кореляції, коефіцієнт Бравайса – Пірсона) вимірює ступінь лінійного

кореляційного зв'язку між кількісними ознаками. Цей коефіцієнт розраховують за формулою [133]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт Пірсона можна виразити також через дисперсії  $\sigma_y$  і  $\sigma_{\Delta y}$ , друга з яких характеризує розкид емпіричних точок стосовно рівняння лінійної регресії  $y = ax + b$ , де  $a$  та  $b$  – коефіцієнти, визначені за методом найменших квадратів [133]:

$$r = \frac{1}{\sqrt{1 + (\sigma_{\Delta y} / \sigma_y)^2}}. \quad (3.3)$$

Таблиця 3.6

Вихідні дані для розрахунку коефіцієнта кореляції Пірсона

<b>Рік</b>	<b>Концентрація хлороформу, мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>Кількість зафіксованих злочісних новоутворень, осіб</b>
2007	0,33	1875
2008	0,36	2010
2009	0,38	1945
2010	0,39	2025
2011	0,40	2090
2012	0,42	2155
2013	0,45	2165
2014	0,57	1985
2015	0,61	2000
2016	0,68	2012
2017	0,70	2077

Таблиця 3.7

Розрахункові дані визначення коефіцієнта кореляції Пірсона

$X$	$Y$	$(X_i - X)$	$(Y_i - Y)$	$(X_i - X)(Y_i - Y)$	$(X_i - X)^2$	$(Y_i - Y)^2$
1875	0,33	-171,875	-0,0825	14,1796875	29541,02	0,00680625
2010	0,36	-36,875	-0,0525	1,9359375	1359,766	0,00275625
1945	0,38	-101,875	-0,0325	3,3109375	10378,52	0,00105625
2025	0,39	-21,875	-0,0225	0,4921875	478,5156	0,00050625
2090	0,4	43,125	-0,0125	-0,5390625	1859,766	0,00015625
2155	0,42	108,125	0,0075	0,8109375	11691,02	5,625E-05
2165	0,45	118,125	0,0375	4,4296875	13953,52	0,00140625
1985	0,57	-45,8182	0,089091	-4,08198347	2099,306	0,00793719
2000	0,61	-30,8182	0,129091	-3,97834711	949,7603	0,016664463
2012	0,68	-18,8182	0,199091	-3,74652893	354,124	0,03963719
2077	0,7	46,18182	0,219091	10,11801653	2132,76	0,048000826

Використовуючи дані (табл. 3.6) та програмно-функціональне забезпечення MS Excel встановлено, що існує залежність між кількістю зафіксованих злякисних новоутворень та концентрацією хлороформу у питній воді: коефіцієнт кореляції 0,66. Отже, підтверджено наявність зв'язку між рівнем онкологічних захворювань у населення та якістю питної води, в даному випадку кількістю ХОС у водопровідній воді.

На рис. 3.18 зображено графік залежності між кількістю зафіксованих злякисних новоутворень та концентрацією хлороформу у питній воді м. Миколаєва. Встановлено, що коефіцієнт детермінації становить 0,7067, що свідчить про значний рівень залежності між досліджуваними даними.



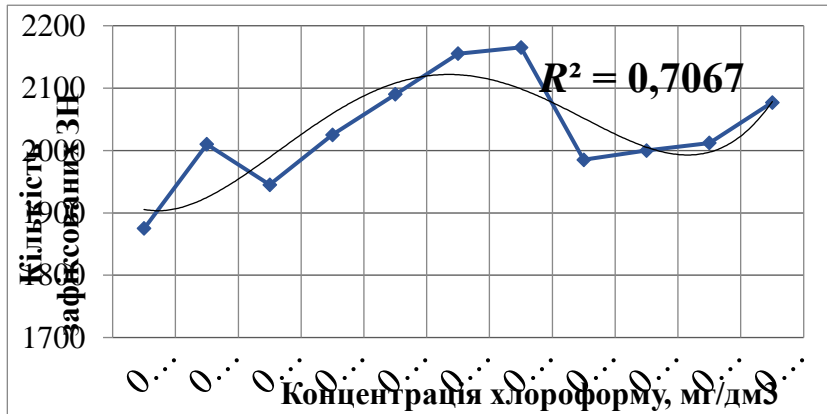


Рис. 3.18. Графік залежності між кількістю зафіксованих злочасних новоутворень і концентрацією хлороформу у питній воді

Прикладом оцінювання неканцерогенного/канцерогенного ризику для здоров'я людини, пов'язаного із забрудненням питної води, є безпорогова модель оцінювання потенціального ризику:

$$R = 1 - \exp(\ln(0,84) / MPC \times C_s) \times C_r,$$

де  $R$  – ймовірність розвитку токсичних ефектів;

$C_s$  – концентрація речовини у питній воді (concentration of the substance), мг/дм³;

$MPC$  – гранично допустима концентрація (maximum permissible concentration), мг/дм³;

$C_r$  – коефіцієнт запасу (coefficient), для всіх речовин – 10, для свинцю – 3, для канцерогенних речовин – 100.

Межі потенційного ризику у запропонованій методиці визначаються таким чином:

- 0–0,02– прийнятний;
- 0,02–0,16 – задовільний;
- 0,16–0,50 – незадовільний;
- 0,50–0,84 – небезпечний;

– 0,84–1 – надзвичайно небезпечний.

Проте значення необхідно уточнити у зв'язку зі збігом меж діапазонів, тому пропонуємо внести такі зміни:

- 0–0,020– прийнятний;
- 0,021–0,160 – задовільний;
- 0,161–0,500 – незадовільний;
- 0,501–0,840 – небезпечний;
- 0,841–1 – надзвичайно небезпечний.

Використовуючи уточнену методику [131] та дані Журналу обліку результатів дослідження питної води централізованого водопостачання Миколаївської СЕС за 2003–2013 роки на станції РЧВ № III МКП Миколаївводоканал та дані лабораторії МКП «Миколаївводоканал» на станції РЧВ № III за 2013–2018 рр., побудовано графіки встановлених ризиків за показниками, значення середньорічних концентрації речовин, що постійно або періодично перевищують гранично допустимі концентрації.

Було встановлено значення потенційного ризику для жителів м. Миколаєва, результати якого представлено в табл. 3.8 та на рис. 3.19–3.21.

Таблиця 3.8

Значення потенційного ризику водопровідної води

Рік	Потенційний ризик, доля одиниці			
	ПО	Залишковий хлор	Залізо	Нітрити
2003	0,936	1,0	0,552	0,649
2004	0,924	1,0	0,594	0,484
2005	0,927	1,0	0,641	0,002
2006	0,936	1,0	0,596	0,006
2007	0,959	1,0	0,554	0,251
2008	0,922	1,0	0,455	0,008
2009	0,936	1,0	0,602	0,012

2010	0,953	1,0	0,706	0,007
2011	0,938	1,0	0,602	0,011
2012	0,957	1,0	0,697	0,011
2013	0,932	1,0	0,705	0,022
2014	0,947	1,0	0,839	0,014
2015	0,914	1,0	0,705	0,014
2016	0,912	1,0	0,692	0,016
2017	0,897	1,0	0,705	0,011
2018	0,941	1,0	0,729	0,014

Проаналізувавши отримані дані, встановлено, що потенційний ризик для здоров'я населення міста Миколаєва знаходиться в межах небезпечного і надзвичайно небезпечного (за весь період дослідження для залишкового хлору, ПО, періодично – для заліза, нітритів), тому вживати таку воду як питну не бажано.

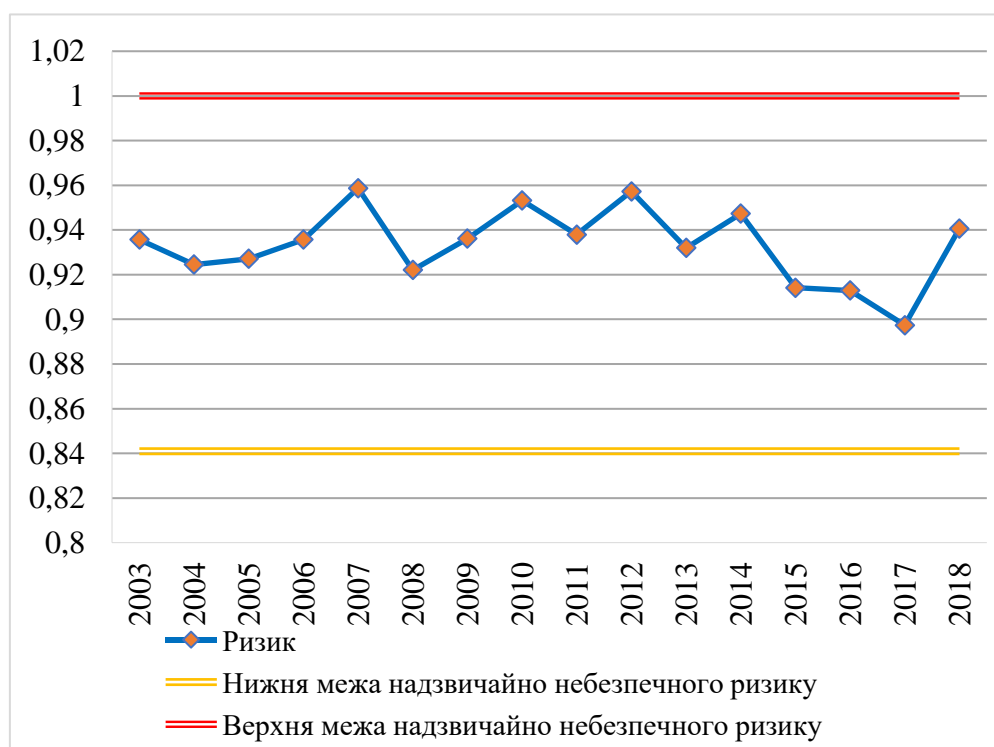


Рис. 3.19. Графік встановлених ризиків (за концентрацією ПО)

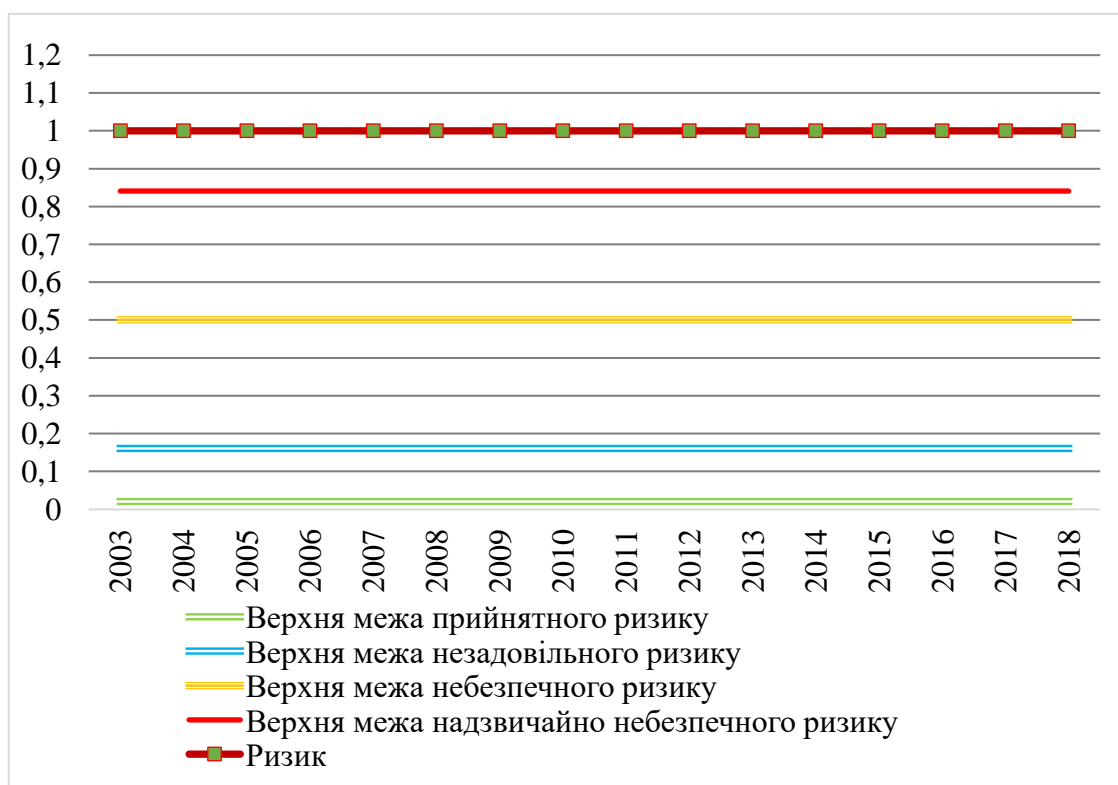


Рис. 3.20. Графік встановлених ризиків (за концентрацією залишкового хлору)



Рис. 3.21. Графік встановлених ризиків (за концентрацією заліза)

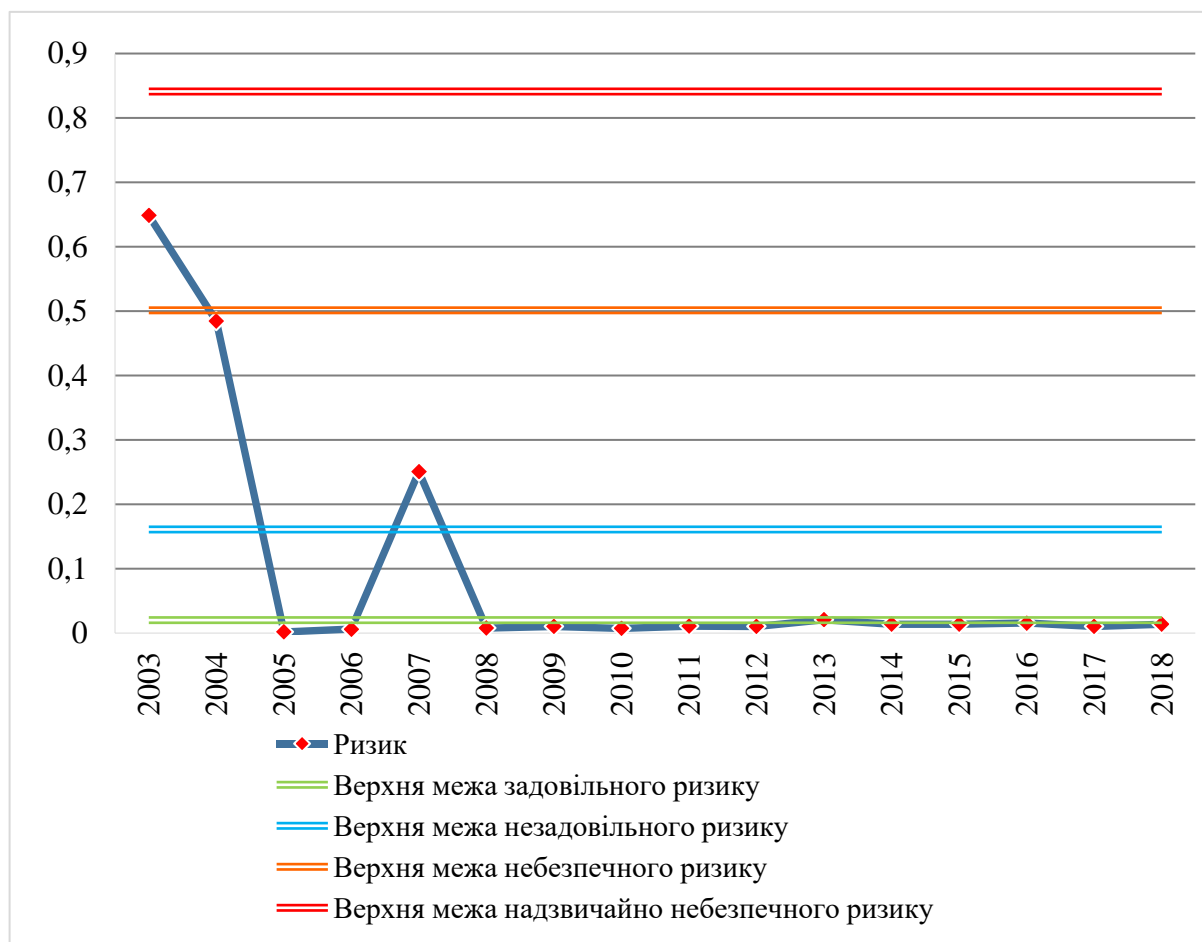


Рис. 3.22. Графік встановлених ризиків (за концентрацією нітритів)

Попередньо в п. 2.3. було визначено, що екологічна безпека питного водопостачання визначатиметься через показник *ESDWS*, який є функцією від встановлених значень ризику. При чому діапазоном безпечності системи є знаходження ризику в межах: для канцерогенного –  $10^{-8} \leq R_c \leq 10^{-6}$ ; та неканцерогенного –  $0,161 \leq R_{nc} \leq 0,160$ .

Отже, враховуючи аналіз статистичних даних та результати визначення ризику, робимо висновок про те, що система питного водопостачання в місті Миколаєві знаходиться в такому стані, як небезпечний, що може становити загрозу здоров'ю населення, що споживають водопровідну воду у як питну.

### 3.4. Висновки до третього розділу

1. Досліджено відповідність показників якості водопровідної води в м. Миколаєві існуючим галузевим стандартам питного водопостачання в Україні. Виявлено, що за досліджуваний період існувало постійне перевищення нормативів допустимих концентрацій, що встановлені ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за такими показниками: перманганатна окиснюваність (1,8 ГДК), нітрити, нікель (5 ГДК); а також періодичне перевищення за вмістом залишкового хлору, заліза, марганцю та кадмію.

2. Проаналізовано якість підземних джерел питного водопостачання в мікрорайоні міста Миколаїв Варваріка за такими показниками, як: жорсткість, мінералізація, хлориди, сульфати. Встановлено перевищення нормативів допустимих концентрацій, що встановлені ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за всіма досліджуваними показниками у всіх зразках. Найбільше перевищення по мінералізації (8 ГДК) та жорсткості води (7,5 ГДК). Враховуючи дані аналізів за показником жорсткості води в мікрорайонах, воду відібрану у більшості досліджуваних пунктах відносимо до дуже твердої. Зафіксовано, що в деяких пунктах відбору жорсткість становила більше 40 ммоль екв/л, таку воду не можна вживати для питних потреб, крім того вона частково не придатна для технічних потреб.

3. Визначено потенційний канцерогенний ризик погіршення стану здоров'я для жителів міста Миколаєва, що може бути спричинений якістю питної води, вмістом ХОС. Встановлено, що існує залежність між кількістю зафіксованих злоякісних новоутворень та концентрацією хлороформу у питній воді: коефіцієнт кореляції Пірсона 0,66, коефіцієнт детермінації – 0,7067.

4. Виявлено, що потенційний неканцерогенний ризик для здоров'я населення міста Миколаєва знаходиться в межах небезпечного і надзвичайно

небезпечного (за весь період дослідження для перманганантній окиснюваності, нікелю, періодично – для заліза, нітритів).

5. Враховуючи отримані результати визначення потенційного екологічного ризику, як основного показника екологічної безпеки систем питного водопостачання, підсумовуємо, що водопровідна вода в місті Миколаєві може бути причиною погіршення стану здоров'я населення.

6. Українська чинна система аналізу і контролю нормованих хімічних і мікробіологічних показників води, заснована на диференційованому визначенні їх концентрації та зіставленні її з нормованими значеннями, проте такий підхід не завжди є ефективним. Пропонуємо розширити нормативні поняття стандартів якості питної води, ввівши до основних документів поняття екологічного ризику (потенційного), саме з позиції оцінювання впливу підвищених значень ГДК на організм людини.

Результати розділу 3 опубліковано у наукових працях [21, 62, 66, 68, 70, 73, 76, 79, 80].

## **РОЗДІЛ 4. АЛЬТЕРНАТИВНІ ПІДХОДИ В ГАЛУЗІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

### **4.1. Обґрунтування необхідності переходу на альтернативну систему питного водопостачання**

Питання необхідності впровадження альтернативних систем питного водопостачання тривалий час порушується фахівцями-екологами, що є закономірним явищем, враховуючи комплексність екології як науки, проте в останні роки до науковців-екологів приєднуються навіть економісти. Цікавим є той факт, що навіть фахівці напряму, який оцінює довкілля з точки зору вигод, які людина може отримати, починають виділяти важливу життєдайну роль води, як ресурсу і середовища життя. Все це спричинено невтішними прогнозами Світового Банку та організацій, що займаються дослідженнями змін в довкіллі (Фонд Дикої Природи, ООН), які наголошують на стрімкому наближенні водної кризи в найближчі десятиліття.

В останньому звіті Всесвітнього Банку [179] зазначається, що чиста вода належить до ключових чинників економічного розвитку, а погіршення її якості уповільнює економічне зростання, благополуччя населення, негативно впливає на здоров'я людини та призводить до зростання бідності. Серед основних рекомендації, які надала організація виділяємо такі, а саме: підвищення стандартів захисту екологічних систем, запровадження ефективної системи моніторингу рівня забруднення води та реформування водної інфраструктури таким чином, що дозволить економити прісну воду.

Водні об'єкти, в тому числі і ті, що є джерелами водопостачання, піддаються колосальному антропогенному впливу, підтвердженням цьому є статистичні дані міжнародних організацій, національних та регіональних доповідей з водокористування та скидам стічних вод. Окрім того, водні об'єкти, за своїм географічним розташуванням, здебільшого знаходяться в



межах різних адміністративних одиниць, тому контроль за рівнем антропогенного впливу на них потребує загальнодержавних рішень.

Упередження забруднення водних об'єктів, зменшення негативного антропогенного впливу є актуальним і дієвим рішенням, проте в глобальному, комплексному розумінні водної кризи необхідно дивитися ширше. Вважаємо головною проблемою водокористування використання питної води не тільки для питних потреб, а й для побутових, технічних, тобто зміщення пріоритетів у водокористуванні.

Типовим пріоритетом у господарській діяльності людини є потреби тих галузей народного господарства, які максимально прагнуть отримати всі можливі вигоди від водного об'єкту.

Підтвердження згубності такого господарювання знаходимо в працях [159, 172]. Авторами проаналізовано вплив змін клімату на водозабезпечення та розвиток ерозійних процесів річок Середземномор'я.

Середземноморський басейн вважається одним з найбільш вразливих регіонів світу до кліматичних змін і такі зміни впливають на здатність екосистем виконувати свої функції та надавати послуги людині. Дослідження проведено з використанням ГІС-технології та моделі розвитку змін в басейні річки Льобрегат, яка є другою за довжиною річкою в Каталонії (Іспанія), починається в східних Піренеях, в середній течії перетинає Каталонські гори. Базовий сценарій дослідження змін в басейні річки був сформований на дослідженнях її стану за період з 1971–2000 рр., моделювання здійснено за період 2001–2100 рр.

Результатом такого моделювання стали майбутні сценарії для цього регіону, які матимуть підвищення частоти повеней та збільшення періоду тривалості посухи, особливо на Піренейському півострові. Оцінюючи екосистемні послуги, авторами було встановлено, що рівень збитків при продовженні встановленого режиму експлуатації водного об'єкту не можна оцінити традиційними економічними методами. Небезпека експлуатації ГЕС в комплексі зі змінами клімату, в цьому регіоні може призвести до

неможливості надання екосистемних послуг (забезпеченість питною водою зменшиться до 49 %, загальне виробництво гідроенергії зменшиться до 43 %), виконання екосистемою своїх функцій або навіть повною деградацією водного об'єкту.

За даними дослідження [159, 172] користувачі отримують дохід вищий більше ніж на 60 % від тих платежів, які здійснюють за природокористування. Найбільшими споживачами екосистемних послуг водних об'єктів залишаються багато років гідроенергетика та водоканали, що сплачують набагато нижчу ціну за воду від її реальної вартості, як природного ресурсу. Такий підхід призводить до заниження ціннісної вартості води, як ресурсу, а головне – як середовища життя.

Серед основних завдань технічного характеру, що може частково вирішити проблему нераціонального використання прісної води, найголовнішим та найбільш терміновим є перехід до дуальної (подвійної) системи водопостачання населення з метою розподілу води для різних потреб: питних та технічних [57, 82].

Таке рішення дозволить:

- врегулювати ситуацію з величезними об'ємами питної води, яка використовується, як для побутових цілей, так і технічних потреб;

- зменшити об'єми реагентів для підготовки питної води та здійснити перехід до більш безпечних методів знезараження – використання ультрафіолетового випромінювання, озонування та ін;

- здійснити повну заміну систем трубопроводів, адже мережі водопостачання, що використовуються в більшості українських міст мають високий коефіцієнт зношеності, що призводить до втрат води у мережах в середньому від 30–40 %;

- переосмислити ставлення до прісної води як ресурсу, зацентрувавши увагу на тому, що це вже сьогодні вичерпний ресурс, який можливо в майбутньому стане невідновлюваним, внаслідок деградації екосистем та порушення функцій водних об'єктів до відновлення [57, 82].

## 4.2. Еколого-економічне оцінювання впровадження дуальної (подвійної) системи питного водопостачання

Екологічна ефективність використання дуальних подвійних систем водопостачання доведена практичним використанням їх в домашніх господарствах Німеччини, США, Китаю, Малайзії, Індії та ін. Проте в більшості випадків під дуальною системою мають на увазі систему водопостачання будинку, що включає в себе окрім основної водопровідної мережі, другу – через яку відбувається повторне використання так званої «сірої» води або дощової для технічних потреб.

На рисунках 4.1 та 4.2 зображено спрощені схеми традиційного та дуального підходу до організації водопостачання [168, 170].

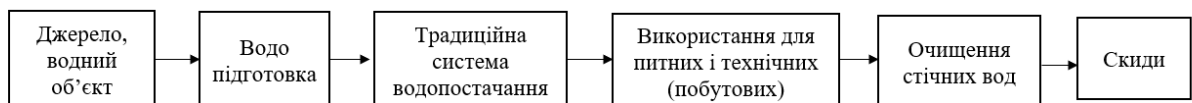


Рис. 4.1. Спрощена схема традиційного підходу до організації водопостачання

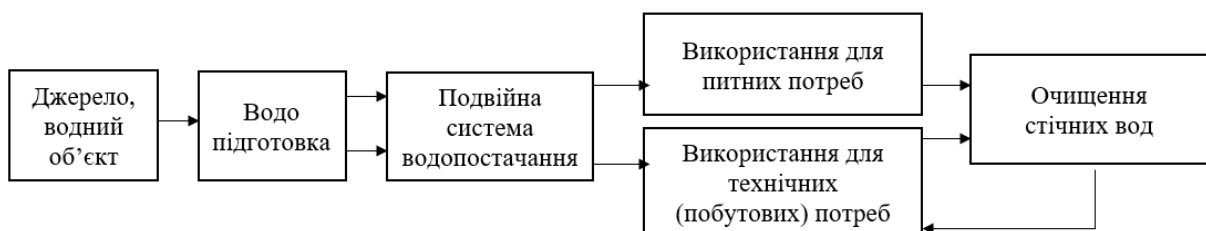


Рис. 4.2. Спрощена схема дуального підходу до організації водопостачання

Приклади аналізу можливості впровадження подвійної дуальної системи водопостачання, де ще на етапі будівництва створено дві окремі мережі водоводів – для питної і технічної води, знаходимо в дослідженні [188].

Автори аналізують перспективу створення дуальної системи з подвійною мережою водопроводів у Шанхаї. Зауважено той факт, що вартість подвійних систем розподілу води значно варіюється через те, що процес очищення води, потужність обробки, матеріали можуть різні, залежно від початкової якості води, а також стану водопровідної мережі. Приблизно 3 мільйони юанів необхідно для побудови подвійної системи розподілу води для житлового кварталу чисельністю населення в 3000 сімей, це близько 2000 юанів на сім'ю [168, 170].

У Китаї поширено використання двох способів постачання питної води споживачам. Перший спосіб – у бочках, так звана бутильована вода, другий – трубопровідна, за допомогою подвійної системи розподілу води.

У Китаї перша система подвійного розподілу води була створена в Цзінхуа, в житловому кварталі району Пудун Шанхаю ще в 1997 році. З тих пір почалися активно розвиватися технології, що пов'язані з розробленням подвійних систем водопостачання. У процесі китайського досвіду реалізації ідеї подвійних дуальних систем водопостачання, виникало багато технологічних проблем, у тому числі необхідність розширення процесів обробки, оперативного регулювання хімічних показників, стерилізація та вибір труб та ін., проте, не зважаючи на всі нюанси, було підтверджено рентабельність такого підходу [168, 170].

В останні десятиліття в Китаї було реалізовано багато проєктів систем подвійного розподілу водопостачання для житлових кварталів. Зараз багато інженерних компаній надають послуги з проєктування та будівництва подвійних системи розподілу води. Доведено, що системи подвійного розподілу є економічно вигідними та мають високу екологічну важливість для збереження прісних вод в Китаї.

Значний досвід реалізації дуальних подвійних систем водопостачання реалізовано у США. Підтвердження цього знаходимо в дослідженні [156, 158, 161, 162, 180, 181, 183, 184, 185], розміщення таких систем зображено на рисунку 4.3.

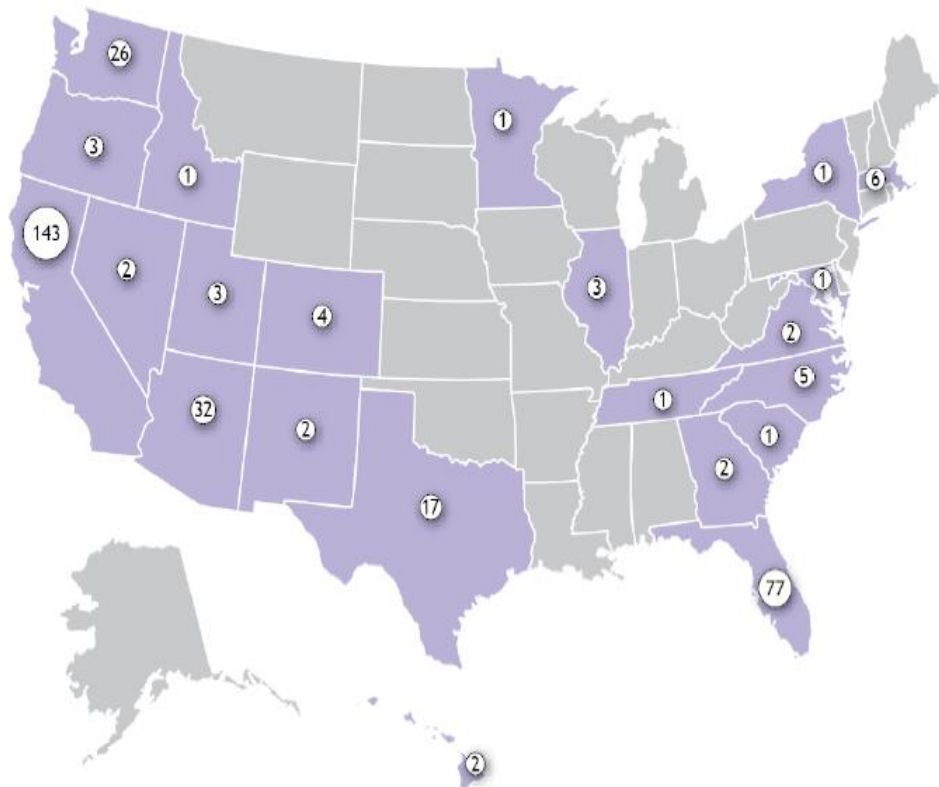


Рис. 4.3. Розміщення подвійних дуальних систем водопостачання в США

На рис. 4.4. зображено розміщення подвійних систем водопостачання на карті світу, в табл. 4.1 наведено перелік таких систем водопостачання, крім тих, що в США.

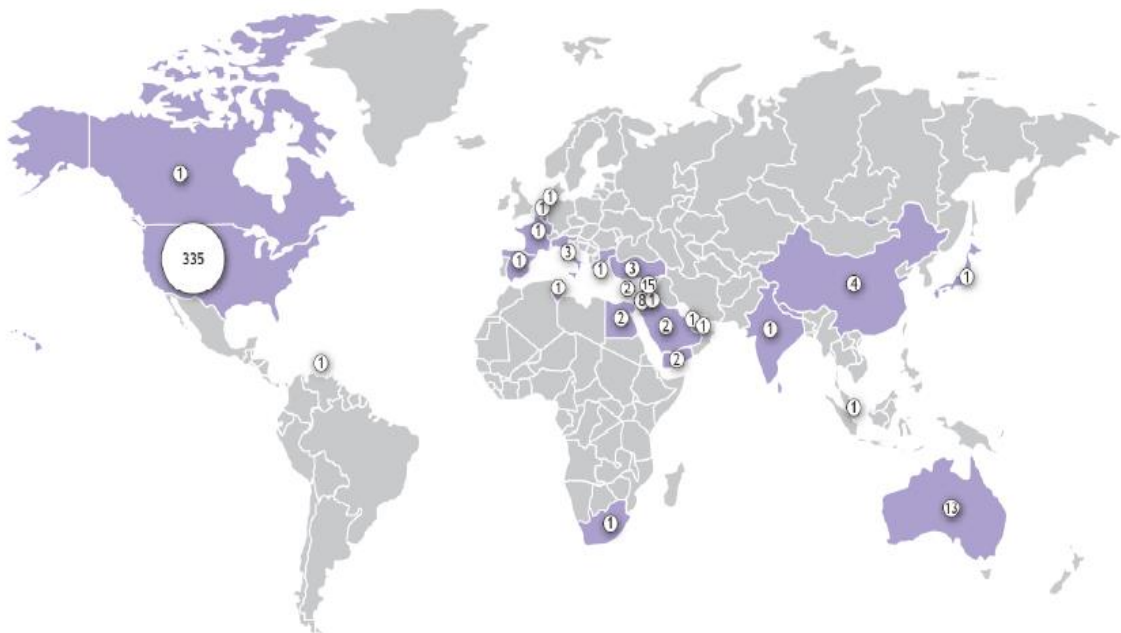


Рис. 4.4. Географічне розміщення подвійних дуальних систем водопостачання у світі

Таблиця 4.1

Перелік дуальних подвійних систем водопостачання у світі (без США)

<b>Назва дуальної система</b>	<b>Місто, розташування</b>	<b>Країна</b>
Adelaide	Аделаїда	Австралія
Bolivar	передмістя Аделаїда	Австралія
Brisbane	Брісбен	Австралія
Caboolture	Кабулчер	Австралія
Goulburn Valley	Гоулберн	Австралія
Gibson Island and Luggage Point WWTP	Передмістя Брісбена	Австралія
Mawson Lakes	передмістя Аделаїда	Австралія
Melbourne Water	Мельбурн	Австралія
New Haven	Ньюхейвен	Австралія
Shoalhaven Heads	Шолхейвен Хедс	Австралія
Sydney Water/ Rouse Hill	Сідней	Австралія
Virginia	Вірджинія	Австралія
Wagga Wagga	Вогга-Вогга	Австралія
Bahrain	Бахрейн	Королівство Бахрейн
Flanders	Фландрія	Бельгія
Toronto	Торонто	Канада
Beijing	Пекін	Китай
Hong Kong	Гонконг	Китай
Jinghua Residential Quarter of Pudong District Shanghai	Цзіньхуа	Китай
Tianjin	Тяньцзін	Китай
Larnaca	Ларнака	Кіпр
Limassol	Лімасол	Кіпр
Alexandria	Александрія	Єгипет
Cairo	Каїр	Єгипет

Paris	Париж	Франція
Corfu	Корфу	Греція
Amsterdam	Амстердам	Нідерланди
Bangalore Water Supply and Sewerage Board	Бангалор	Індія
Afula	Афула	Ізраїль
Beer-Sheva	Беер-Шева	Ізраїль
Eliat Eliat Israel	Еліат	Ізраїль
Kibbutz	Тзора	Ізраїль
Netania	Нетанія	Ізраїль
Tel-Aviv	Тель-Авів	Ізраїль
Haifa	Хайфа	Ізраїль
Sicily	Сицилія	Італія
Sardinia	Сардинія	Італія
Turin	Турин	Італія
Tokyo Metropolitan Government	Токіо	Японія
Jeddah	Джедда	Саудівська Аравія
Riyadh	Ріяд	Саудівська Аравія
Singapore Singapore	Сінгапур	Сінгапур
Durban	Дурбан	Південна Африка
Consorti de la Costa Brava	Жерона	Іспанія
Castries Castries St. Lucia	Адра	Сирія
Aleppo	Алеппо	Сирія
Damascus	Дамаск	Сирія
Dera'a	Дара	Сирія
Hama	Хама	Сирія
Hassakeh	Аль-Хасаке	Сирія
Homs	Хомс	Сирія

Huran al-Awamid	Хуран-Аль-Авід	Сирія
Idleb	Ідліб	Сирія
Lattakia	Латакія	Сирія
Quneitra	Ель-Кунейтра	Сирія
Raqqqa	Ар-ракка	Сирія
Ras al-Ain	Рас-аль-Айн	Сирія
Salamiya Syria	Саламія	Сирія
Sweida	Ас-Сувейда	Сирія
La Soukra	Сукра	Туніс
Nigde-Bor	Бор	Туреччина
Konya-Kadinhani	Кадинхан	Туреччина
Merkez	Меркез	Туреччина
Sharjah	Шарджа	Об'єднані Арабські Емірати
Aden	Аден	Ємен
Hodiedah	Ходейда	Ємен

Серед перелічених країн в табл. 4.1 бачимо чітку тенденцію до того, що більшість подвійних дуальних систем водопостачання знаходяться в країнах, де вже сьогодні спостерігається дефіцит прісних вод (Австралія, Єгипет, Сирія, Ізраїль, Саудівська Аравія та ін.), тому держави, починаючи з кінця ХХ століття, почали активно вживати заходи для вирішення проблеми із забезпеченням питною водою та збереженням її кількості.

Раніше було зауважено на економічних перевагах при використанні подвійних дуальних систем водопостачання. У Шанхаї ціна на питну воду, що постачається водопроводом, становить близько 0,3 юанів/літр, тоді як вартість бутильованої, бочкової питної води становить близько 0,7 юанів/літр. Очевидною є економічна перевага водопровідної питної води над бутильованою [168, 170].



У табл. 4.2 представлено дані середньої цінової вартості на різні типи питної води в Україні на початок 2021 року.

Таблиця 4.2

## Вартість питної води в Україні

Тип питної води	Ціна, грн/л
Водопровідна вода	0,02
Бутильована артезіанська	2,4-4,8
Вода очищена бутильована «Аляска»	6,67
Вода очищена «Малятко»	7,42
Вода мінеральна бутильована «Моршинська»	7,94

Проналізувавши дані тарифу на водопостачання 53 постачальників питної води в Україні, що опубліковані на сайті Міністерства фінансів України розраховано, що середня вартість за 1 м<sup>3</sup> з ПДВ становить 16,6 грн [112, 142, 146].

У той час вартість централізованого водопостачання в інших країнах 2,3,5 разів вище, ніж в Україні (табл. 4.3) [45].

Таблиця 4.3.

Тарифи на централізоване водопостачання в інших країнах, грн/м<sup>3</sup>

Країна	Чехія	Литва	Німеччина	Болгарія	Польща	Румунія
Ціна	101,0	66,9	139,8	42,1	76,5	47,3

За даними НКРЕКП, у вартість тарифу на централізоване водопостачання українських підприємств, входять такі складові, що представлені на рис. 4.5 [142].

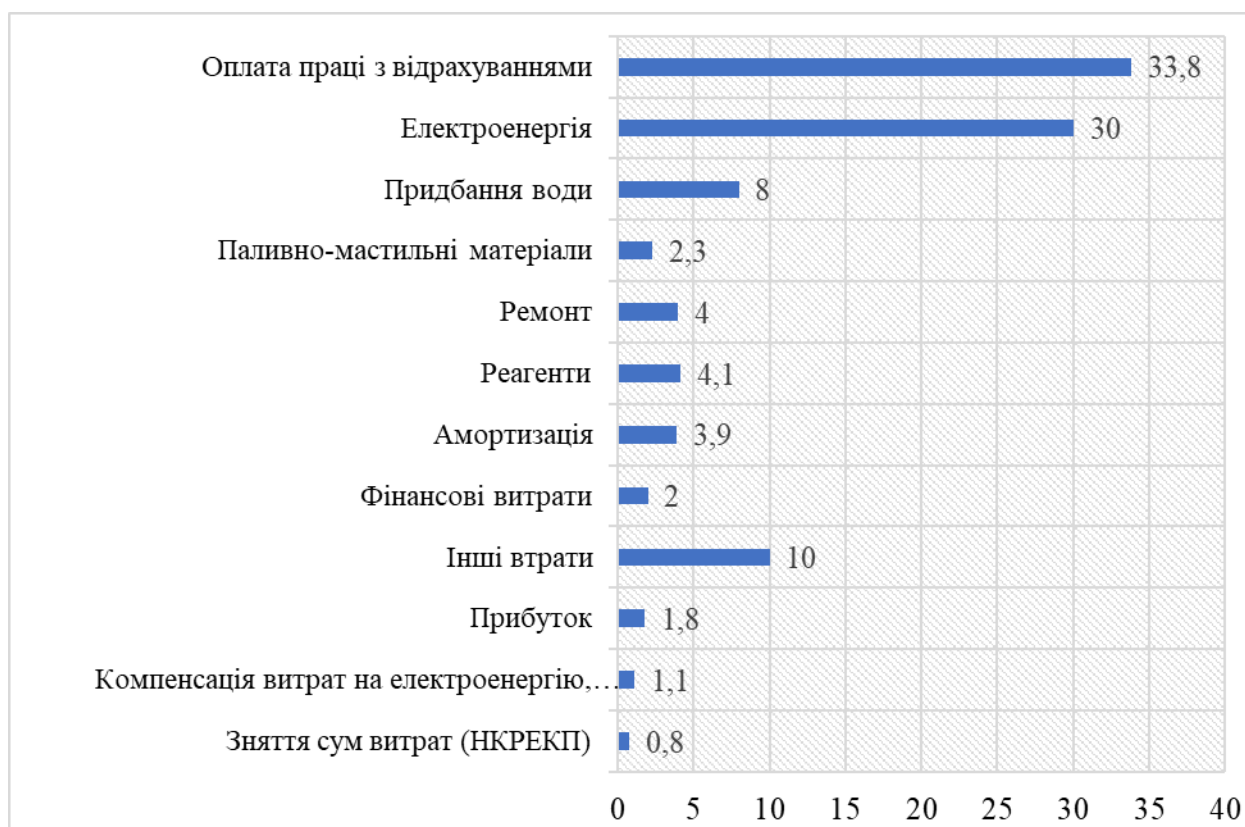


Рис. 4.5. Структура середньозваженого тарифу на централізоване водопостачання

До головних складових тарифу входить вартість електроенергії та оплата праці. Складовими, які є основою забезпечення виготовлення готового продукту є безпосередньо вода з водного об'єкта, реагенти, електроенергія, що сукупно складають трохи більше 40 % відсотків від вартості оплати за централізоване водопостачання.

Для реалізації переходу на подвійну систему водопостачання в місті окрім технічних рішень на місцевому, регіональному рівні, необхідно затвердити поняття «технічна вода» в головних державних документах. Окрім того, розробити та затвердити державний стандарт показників якості технічної води, яку буде використано споживачами для побутових цілей.

В українському чинному законодавстві визначення поняття «вода технічна» прописано в такому документі, як Наказ Міністерства транспорту України від 2 серпня 1999 року N 393 «Про затвердження Правил користування системами водопроводу та каналізації на залізничному

транспорті України». В цьому наказі поняття трактується таким чином: «Вода технічна – це вода, яка за якістю не є питною, але відповідає вимогам, що пред'являються до води відповідного технологічного процесу» [113]. Є окремі згадки про технічну воду, яку використовують для роботи парових турбін, котлів в енергетиці, проте затвердженого визначення її як технічної, а не промислової в процесі дослідження – не знайдено.

Серед діючих стандартів сусідніх держав знаходимо визначення поняття в ГОСТ 17.1.1.04-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования [29], де «технічна вода – це вода, окрім питної, мінеральної і промислової, що придатна для використання в народному господарстві». Окрім того, в цьому документі є окремі визначення для промислової та теплоенергетичної води.

### **4.3. Висновки до четвертого розділу**

1. Вважаємо, що головна сучасна проблема водокористування – це використання питної води не тільки для питних потреб, а й для побутових, технічних, тобто зміщення пріоритетів у водокористуванні.

2. Серед основних завдань технічного характеру, які частково можуть допомогти у вирішенні проблеми нераціонального використання прісної води, найголовнішим та найбільш терміновим є перехід до дуальної (подвійної) системи водопостачання населення з метою розподілу води для різних потреб: питних, побутових, технічних. Таке рішення дозволить:

- врегулювати ситуацію з величезними об'ємами питної води, яка використовується як для побутових цілей, так і технічних потреб;

- зменшити об'єми реагентів для підготовки питної води та здійснити перехід до більш безпечних методів знезараження – використання ультрафіолетового випромінювання, озонування та ін;

- здійснити повну заміну систем трубопроводів, адже мережі водопостачання, що використовуються в більшості українських міст мають

високий коефіцієнт зношеності, що призводить до втрат води у мережах в середньому від 30 – 40 %;

– переосмислити ставлення до прісної води як ресурсу, зацентрувавши увагу на тому, що це вже сьогодні вичерпний ресурс, який можливо в майбутньому стане невідновлюваним, внаслідок деградації екосистем та порушення функцій водних об'єктів до відновлення.

3. Пропонуємо для реалізації переходу на альтернативну подвійну систему водопостачання в місті, окрім технічних рішень, першочергово затвердити поняття «технічна вода» в головних державних документах, що регламентують галузь водопостачання, в такій редакції: «технічна вода – це вода, окрім питної, мінеральної, промислової, що використовується для побутових цілей та різних технічних потреб в домогосподарствах населених пунктів, в тому числі очищена оборотна».

Результати розділу 4 опубліковано у наукових працях [57, 82, 168, 170].

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У дисертації подано розв'язання актуального науково-практичного завдання, що полягає у розробленні комплексного методу оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання, використовуючи ризик-орієнтований підхід.

Найважливіші наукові та практичні результати, які одержано в дисертації:

1. Доведено, що українська чинна система аналізу і контролю нормованих показників якості питної води, заснована на диференційованому визначенні їх концентрації та зіставленні з нормованими значеннями, є недостатньо ефективною, оскільки не враховує негативні ефекти для організму людини внаслідок проявів наслідків небезпеки (захворюваність, інвалідність, смертність тощо).

2. На основі синтезу існуючих вітчизняних та міжнародних методів оцінювання ризику запропоновано комплексний метод оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання, який враховує ризики канцерогенного та неканцерогенного походження. Діапазони екологічної безпеки питного водопостачання визначаються межами ризику, що не загрожує здоров'ю людини:

$10^{-8} \leq R_c \leq 10^{-6}$  – для канцерогенних речовин,  $0,161 \leq R_{nc} \leq 0,160$  – для неканцерогенних речовин.

3. Встановлено існування екологічного ризику канцерогенного походження для здоров'я жителів міста Миколаєва, що може бути спричинений якістю питної води. Доведено існування залежності між кількістю зафіксованих злоякісних новоутворень та концентрацією хлороформу у питній воді: коефіцієнт кореляції Пірсона 0,66, коефіцієнт детермінації – 0,7067.

4. Розроблено алгоритм визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання та запропоновано для її оцінювання використовувати два

рівні оцінювання безпеки – «безпечний» та «небезпечний». У випадку безпечного результату оцінювання – система та її складові знаходяться в стані сталого розвитку. У випадку небезпечного – необхідно приймати рішення щодо заміни технологій, управління та додаткових економічних витрат, завершуючи повторною оцінкою ризиків до того часу, поки не буде досягнуто результату «безпечно».

5. Доведено, що вирішення проблеми нераціонального використання прісної води можливе за умови переходу до альтернативної системи водопостачання, що включатиме дві окремі водопровідні мережі – для питної води та технічної, що буде використовуватися для побутових потреб. Це дозволить:

- оптимізувати розподіл води для питних, побутових та технічних потреб. врегулювати ситуацію з величезними об'ємами питної води. Більше ніж 80 % питної водопровідної води використовується як для побутових цілей, так і технічних потреб;

- зменшити об'єми реагентів для підготовки питної води та здійснити перехід до більш безпечних методів знезараження без використання хлоровмісних сполук;

- зменшити втрати на 30 - 40 % питної води в процесі транспортування – здійснити повну заміну систем трубопроводів.

6. Запропоновано для реалізації переходу на альтернативну подвійну систему водопостачання в місті, окрім технічних рішень, першочергово затвердити поняття «технічна вода» в головних державних документах, що регламентують галузь водопостачання, в такій редакції: **«технічна вода** – це вода, окрім питної, мінеральної, промислової, що використовується для побутових цілей та різних технічних потреб в домогосподарствах населених пунктів, в тому числі очищена оборотна».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамова А. О. Індексна оцінка рівня екологічної безпеки проєктованих промислових об'єктів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01. Київ, 2012. 23 с.
2. Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. Москва : Деловой экспресс, 2004. 352 с.
3. Аналітична записка «Аналіз актуальних чинників погіршення якості питного водопостачання в контексті національної безпеки України». URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1037/>. (дата звернення: 01.01.2021).
4. Антонова С. Є. Організаційно-правове забезпечення в сфері державного управління водозабезпечення населення. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2009. № 4. URL: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=71>. (дата звернення: 01.01.2021).
5. Апробация существующих нормативных документов при оценке качества источников централизованного питьевого водоснабжения / В. В. Гончарук и др. *Химия и технология воды*. 2007. Т. 29. № 5. С. 472–486.
6. Архів Регіональних доповідей про стан навколишнього середовища в Миколаївській області за 1999–2019 роки. URL: <http://www.menr.gov.ua/content/article/7789>. (дата звернення: 01.01.2021).
7. Бардина Д. А., Михайлова П. Г. Разработка алгоритма оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих питьевую воду. *Успехи в химии и химической технологии*. Москва, 2015. Т. XXIX. № 4. С. 57–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/razrabotka-algoritma-otsenki-riska-zdorovyu-naseleniya-pri-vozdeystvii-himicheskikh-veschestv-zagryaznyayuschih-pitievuyu-vodu>. (дата звернення: 01.01.2021).
8. Безсонов Є. М. Визначення рівня екологічної безпеки регіону методом токсико-енергетичного відгуку біотичних компонентів водних екосистем : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01. Миколаїв, 2018. 196 с.
9. Безсонов Є. М., Крисінська Д. О. Енергетична ніша виду як комплексний критерій оцінювання екологічної безпеки водних екосистем. *6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього*

середовища. *Енергоощадність. Збалансоване природокористування*. Львів, 23–25 верес., 2020. – С. 52.

10. Бойко Т. В. К вопросу определения рисков при оценке воздействий техногенных объектов на окружающую среду. *Восточно-европейский журнал передовых технологий. Серия : Технология неорганических и органических веществ и экология*. 2008. № 4/6 (34). С. 37–41.

11. Бойко Т. В. Особливості використання метода «індекс-ризик» для оцінювання техногенної безпеки об'єктів. *Восточно-европейский журнал передовых технологий. Серия : Информационные технологии*. 2009. № 6/5 (42). С. 44–47.

12. Борейко В. І., Ключко О. Д. Проблеми забезпечення питною водою жителів Рівненської області. *Вісник СумДУ. Серія : Економіка*. 2011. № 3. С. 34–38.

13. Бубенко П. Т., Леонов Я. В. Система питного водопостачання в стратегічному розвитку регіону. *Регіональна економіка. Серія : Економічні науки* : зб. наук. пр. Харків : Вид-во ЧДТУ, 2008. Вип. 21. С. 258–263.

14. Бюлетень НАЦІОНАЛЬНОГО КАНЦЕР-РЕЄСТРУ УКРАЇНИ за 2007–2019 роки. Київ, 2019. URL: <http://www.ncru.inf.ua/publications/index.htm> (дата звернення: 01.01.2021).

15. Василенко С. Л. Екологічна безпека систем водопостачання міст: методологія вивчення та управління : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01. Харків, 2007. 40 с. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/349242.html>. (дата звернення: 01.01.2021).

16. Вивчення стану забруднення питної води України токсичними тригалогенметанами та розробка профілактичних заходів Інститутом гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва НАМНУ : дані НДР. URL: <http://www.health.gov.ua/>. (дата звернення: 01.01.2021).

17. Водний кодекс України : Постанова Верховної Ради України від 06.06.1995 р. № 214/95-ВР. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80/>. (дата звернення: 01.01.2021).

18. Водні ресурси : за даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища України : національна доповідь про стан



навколишнього природного середовища в Україні. 2018. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/349242.html>. (дата звернення: 01.01.2021).

19. Водные ресурсы и их влияние на состояние и перспективы региональных земельных рынков в мире. *Федеральный портал «Индикаторы рынка земли»*. URL: <http://www.fao.org/3/a-av045r.pdf>. (дата звернення: 01.01.2021).

20. Войтенко Л. В., Копілевич В. А., Строкаль М. П. Концепція інтегральної оцінювання якості води для різних видів водоспоживання з використанням функції бажаності Харрінгтона. *Біоресурси і природокористування: хімія*. Київ, 2015. Т. 7. № 1–2. С. 25–36. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/6263>. (дата звернення: 01.01.2021).

21. Воскобойнікова Н. О., Крисінська Д. О. Перспективи вирішення проблеми питного водопостачання в мікрорайоні м. Миколаїв Велика Корениха. *Наукові праці. Серія : Екологія : наук.-метод. журнал*. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. Т. 132. Вип. 119. С. 85–88.

22. Гадецька З. М., Кузьмич Н. В. Оцінювання екологічного ризику на території України. *Ефективна економіка*. 2013. № 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4679>. (дата звернення: 01.01.2021).

23. Гідрологічний стан Миколаївської області та якість питної води / А. Ф. Кисельов та ін. *Наукові праці. Серія : Екологія : наук.-метод. журнал*. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. Т. 107. Вип. 94. С. 76–78. URL: [http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/Npchdu/Ecology/2009\\_94/94-20.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Npchdu/Ecology/2009_94/94-20.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).

24. Гіроль М. М., Гіроль А. М., Хомко В. Є., Ковальський Д. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної води. *Полімерні труби : інформаційно-аналітичний журнал*. 2008. № 21. С. 7–12. URL: <https://polypipe.info/news/238-stanvodoprovodnuhmerezhukraini>. (дата звернення: 01.01.2021).

25. 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.
26. Гончарук В. В. Наука про воду. Київ : Наукова думка, 2010. 511 с.
27. Гончарук В. В. Новая концепция обеспечения населения качественной питьевой водой. *Химия и технология воды*. 2008. Т. 30. № 3. С. 239–252.
28. Гончарук В. В., Маляренко В. В., Яременко В. А. Использование ультразвука при очистке воды. *Химия и технология воды*. 2008. Т. 30. № 3. С. 253–277.
29. ГОСТ 17.1.1.04-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008292>. (дата звернення: 01.01.2021).
30. Давидчук С. П., Козловська Т. Ф. Оцінювання еколого-економічної ефективності впровадження сучасних технологій підвищення рівня екологічної безпеки природної та питної води. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2012. Вип. 4 (75). С. 150–155.
31. Данилова І. В. Забруднення питної води хлороформом унаслідок її знезараження. *Агроекологічний журнал*. 2016. С. 158–162.
32. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. Москва : Наука, 2006. 221 с.
33. Десять фактов о нехватке питьевой воды : за данными Всемирной организации здравоохранения. URL: <http://www.who.int/features/factfiles/water/ru/index.html>. (дата звернення: 01.01.2021).
34. Добровольський В. В. Екологічний ризик: оцінювання і управління : навч. посіб. Миколаїв : Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2010. 216 с.
35. Добровольський В. В. Основи теорії екологічних систем : навч. посіб. Київ : Професіонал, 2005. 272 с.
36. Додаток ХХХ до Глави 6 «Навколишнє природне середовище» Розділу V «Економічне і галузеве співробітництво» Угоди про асоціацію

України з ЄС. URL: [https://www.kmu.gov.ua/storage/app/media/ugoda-pro-associaciyu/30\\_Annex.pdf](https://www.kmu.gov.ua/storage/app/media/ugoda-pro-associaciyu/30_Annex.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).

37. Долин В. В., Смирнов В. Н., Ищук А. А., Орлов А. А. Техногенно-экологическая безопасность биосистемы Бугского лимана в условиях загрязнения тяжелыми металлами / под ред. Э. В. Собоновича. Киев – Николаев : РАЛ-полиграфія, 2011. 200 с.

38. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.

39. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. [Чинний від 2014-07-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 73 с. URL: <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/dstu%2031010.pdf>

40. Душкин С. С., Тихонюк-Сидорчук В. О. Проблемы устойчивого развития систем водоснабжения и водоотведения г. Харькова. *Коммунальное хозяйство городов* : науч.-техн. сб. Киев, 2004. Вып. 57. С. 254–257. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/3809/>. (дата звернення: 01.01.2021).

41. Екологічний атлас стану басейну річки Дніпро / за ред. Пічура В. І., 2020. URL: <http://dspace.ksau.kherson.ua/handle/123456789/5079>. (дата звернення: 01.01.2021).

42. Екологічні проблеми в Україні. URL: <http://ekosvit.nepopsa.com/ekozyabrydnennja/>. (дата звернення: 01.01.2021).

43. Журнал обліку результатів дослідження питної води централізованого водопостачання Миколаївської СЕС за 2003–2013 роки на станції РЧВ № III МКП «Миколаївводоканал».

44. Забруднення питної води хлороформом, канцерогенний ризик для здоров'я населення : інформаційний лист. Київ : Укрмедпатентінформ МОЗ України, 2017. 6 с.

45. Загальноукраїнська інформація та статистична інформація європейських інституцій у сфері централізованого водопостачання та

централізованого водовідведення. URL: <https://www.nerc.gov.ua/?id=50327>. (дата звернення: 01.01.2021).

46. Зайцев В. В. Вплив хлорорганічних сполук питної водопровідної води на стан здоров'я населення міста Нікополя. *Профілактична медицина* : зб. наук. пр. співробіт. НМАПО імені П. Л. Шупика. Київ, 2017. № 27. С. 424–432.

47. Звягінцева Г. В. Методика з оцінювання екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища. *Вісник ДНУ. Серія А : Природничі науки*. 2009. Вип. 2. С. 307–316.

48. Зоріна О. В. Гігієнічне обґрунтування шляхів мінімізації утворення хлорорганічних сполук при застосуванні хлору у водопідготовці : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01. Київ, 2006. 19 с. URL: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=wEtD-bYAAAAJ&hl=ru>. (дата звернення: 01.01.2021).

49. Зубик Л. В., Зубик Я. Я., Карпович І. М. Інформатика та комп'ютерна техніка у водному господарстві : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2008. 306 с.

50. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности : методические рекомендации МР 2.1.4.0032-11 / под ред. Н. В. Кожока. Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 31 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293795/4293795534.pdf>. (дата звернення: 01.01.2021).

51. Іванюта С. П., Качинський А. Б. Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінювання. *Стратегічні пріоритети*. 2013. № 3. С. 157–164. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa\\_2013\\_3\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa_2013_3_23). (дата звернення: 01.01.2021).

52. Інтегральні та комплексні оцінювання стану навколишнього природного середовища : монографія / О. Г. Васенко та ін. Харків : НУГЗУ, 2015. 419 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/6524/1/BC.pdf>. (дата звернення: 01.01.2021).

53. Казарян Е. Г., Крисінська Д. О. Дослідження якості підземних вод в мікрорайоні міста Миколаїв Велика Корениха. *Наука. Молодь. Екологія* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Житомир, 21–23 трав. 2014 р. Житомир, 2014. С. 69–73.

54. Караєва Н. В. Еколого-економічний ризик-менеджмент: методи оцінювання ризиків : навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізації «Інформаційні технології моніторингу довкілля». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. URL: [http://areps.kpi.ua/downloads/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC\\_%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA.pdf](http://areps.kpi.ua/downloads/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%94%D0%B2%D0%B0_%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC_%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).

55. Качинський А. Б. Безпека, загрози та ризик. Київ : ІПНБ РНБО, НА СБ України, 2004. 472 с.

56. Клименко Л. П., Крисінська Д. О. Поняття «потенційного ризику» в українському та європейському водному законодавстві. *Могилянські читання – 2018: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти* : зб. тез наук.-метод. конф., м. Миколаїв, 12–17 черв. 2018 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. С. 15–18.

57. Клименко Л. П., Крисінська Д. О. Важливість стратегій сталого розвитку підприємств водопостачання. *Ольвійський форум – 2020: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : зб. тез наук. конф., м. Миколаїв, 4–8 черв. 2020 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. – С. 3-6.

58. Козловська Т. Ф. Застосування методології екологічного ризику у встановленні взаємозв'язків між якістю харчових продуктів і захворюваністю населення. *Екологічна безпека*. 2008. № 1. С. 51–61.

59. Крайнюков О. М. Вплив забруднення питної води на стан здоров'я населення Харківської області. *Часопис соціально-економічної географії*. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2013. Вип. 14 (1). С. 103–108.

60. Крисінська Д. О., Воскобойнікова Н. О. Алгоритм визначення екологічного ризику в системі екологічної безпеки питного водопостачання. *Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання* : зб. наук. статей Тринадцятої міжнар. наук.-прак. конф. Львів : ЛВДЦНП, 2014. С. 29–32.

61. Крисінська Д. О. Аналіз альтернативи покращення якості питної води в м. Миколаїв. *Збережемо для нащадків* : матеріали VI Миколаївських міських екологічних читань, м. Миколаїв, 21–22 листоп. 2013 р. / Управління охорони навколишнього середовища та благоустрою департаменту ЖКГ Миколаївської міської ради, Міський центр екологічної інформації та культури та ін. / уклад. І. Б. Чернова. Миколаїв : ФОП Ємельянова Т. В., 2013. С. 35–38.

62. Крисінська Д. О. Аналіз ризику для здоров'я населення м. Миколаїв при вживанні питної води з підвищеним вмістом ХОС. *Ольвійський форум – 2013: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : тези міжнар. наук.-метод. конф., м. Ялта, 5–9 черв. 2013 р. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. Т. 2. С. 17–22.

63. Крисінська Д. О. Визначення потенційного ризику як основного показника оцінювання якості питної води. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки* : наук.-техн. зб. / гол. ред. О. С. Волошкіна. Київ : КНУБА, 2015. Вип. 25. С. 137–143.

64. Крисінська Д. О. Екологічно безпечне водокористування в Північному Причорномор'ї: аналіз проблеми та шляхи вирішення. *Наукові праці. Серія : Техногенна безпека* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. Т. 163. Вип. 151. С. 91–95.

65. Крисінська Д. О. Екологічна оцінка стану систем питного водопостачання Північного Причорномор'я. *Природно-ресурсний потенціал збалансованого (сталого) розвитку України* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–22 квіт. 2011 р. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. Тези у 2 т. Т. 1. С. 321.

66. Крисінська Д. О. Динаміка якості питної води в м. Миколаєві. *Екологічний вісник* : наук.-популяр. екологічний журнал. 2015. № 3 (90). С. 19–20.

67. Крисінська Д. О. До перспектив раціоналізації використання прісної води в Миколаївській області. *Наукові праці. Серія : Техногенна безпека* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. Т. 187. Вип. 175. С. 49–55.

68. Крисінська Д. О. До питання модернізації технологій водоочищення на МКП «Миколаївводоканал». *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : збірник матеріалів 3-го Міжнародного конгресу, м. Львів : Вид-во ТзОВ «ЗУКЦ», 2014. С. 111.

69. Крисінська Д. О. До проблеми вдосконалення вітчизняної нормативно-правової бази в галузі питного водопостачання як одного з основних чинників підвищення екологічної безпеки питної води. *Наукові праці. Серія : Екологія* : наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. Т. 203. Вип. 191. С. 59–62.

70. Крисінська Д. О. Дослідження жорсткості підземних вод в мікрорайонах м. Миколаєва. Регіональні екологічні проблеми: науково-методичні і прикладні аспекти їх вирішення : VI міжнар. наук. конф. студентів, магістрантів і аспірантів, м. Одеса, 9–11 верес. 2013 р. Одеса, 2013. С. 144–148.

71. Крисінська Д. О. Імплементация екологічних аспектів Угоди про асоціацію між Україною та ЄС як головний фактор екологічної безпеки України. *Екологічна безпека поселення та регіону як основа державної безпеки* : зб. матеріалів наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 23–24 листоп. 2016 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2016. С. 88–90.

72. Крисінська Д. О. Значення ноосферної концепції Вернадського при зменшенні антропогенного навантаження на водні ресурси. *Вчення про ноосферу В. І. Вернадського в науковому, освітянському та інноваційному розвитку сучасного суспільства* : тези міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв : МКУ, 2013. С. 59–60.

73. Крисінська Д. О., Клименко Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. *Науковий вісник* : збір. наук. праць / гол. ред. Я. І. Соколовський. Львів, 2021, Т. 31, № 1. С. 147-151.

74. Крисінська Д. О., Клименко Л. П. Зміна структури споживання питної води як основа вирішення проблеми екологічної безпеки питного водопостачання. *Екологічні науки* : наук.-практ. журнал / гол. ред. О. І. Бондар. Київ : ДЕА, 2019. № 2 (25). С. 133–137.

75. Крисінська Д. О. Оцінка якості питної води шляхом визначення потенційних ризиків для здоров'я людини. *Екологія. Людина. Суспільство* : зб. тез доп. XVIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 27–19 трав. 2015 р. / уклад. Д. Е. Бенатов. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. С. 103–104.

76. Крисінська Д. О. Перспективи вирішення проблеми забезпечення якісною питною водою населення Миколаєва. *Ольвійський форум – 2016: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : зб. тез міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 9–12 черв. 2016 р. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2016. С. 71–73.

77. Крисінська Д. О. Поняття потенційного ризику як основний показник якості питної води. *Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти* : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. / уклад. Г. Собчук, В. Жукова. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. С. 123–126.

78. Крисінська Д. О. Проблема екологічно безпечного водокористування в Північному Причорномор'ї. *Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень* : матеріали VIII наук. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених / за ред. проф. Л. І. Зеленської. Київ : ДНВП «Картографія», 2011. Вип. 8. С. 123–125.

79. Крисінська Д. О. Проблема підвищеного вмісту хлорорганічних сполук в питній воді м. Миколаєва. *IV-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013)* : зб. наук. статей. м. Вінниця, 25–27 верес. 2013 р. Вінниця : ДІЛО, 2013. С. 101–104.

80. Крисінська Д. О. Проблема раціоналізації використання прісної води в Миколаївській області. *Шляхи забезпечення екологічної безпеки населених*



*пунктів України* : зб. матеріалів до наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 7 черв. 2012 р. / Департамент ЖКГ, ВГО «Еколого-Аудиторська Палата України». Миколаїв : ФОП Ємельянова Т. В., 2012. С. 73–77.

81. Крисінська Д. О. Протиріччя між існуючими державними програмами в галузі питного водопостачання та змістом поняття екологічна безпека питної води. *Екологічна безпека держави* : тези доп. X всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, м. Київ, 21 квіт. 2016 р. Київ : НАУ, 2016. С. 65–67.

82. Крисінська Д. О. Раціональне використання питної води – стратегії та реальність. *Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання* : зб. наук. статей XI міжнар. наук.-практ. конф. Львів : ЛьвЦНТЕІ, 2012. С. 97–102.

83. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду : методические рекомендации / Ю. А. Рахманин и др. Москва : НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина РАМН, ММА им. И. М. Сеченова, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2001. 80 с.

84. Крихівський М. В., Тимків Д. Ф. Чисельні показники рівня екологічної безпеки. *Наука і сучасні технології. Нафтова енергетика*. 2013. № 2 (20). С. 163–173. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge\\_2013\\_2\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge_2013_2_19). (дата звернення: 01.01.2021).

85. Логвін В. Вода-ресурс, який визначає шляхи розвитку. *Вища школа*. 2011. № 9. С. 55–60.

86. Лотоцька О. В., Прокопов В. О. Оцінювання ризику споживання питної води з підвищеним вмістом нітратів на здоров'я населення Тернопільської області. *Environmental and Health*. 2018. № 4. С. 20–24. URL: <http://www.dovkilzdorov.kiev.ua/publ/dovkil.nsf/all/article?opendocument&style=|55AE1034360DF69CC225833C0049C471>. (дата звернення: 01.01.2021).

87. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 р. № 268.

88. Мітрясова О. П., Смирнов В. М., Безсонов Є.М. Екологічний інтегрований менеджмент водних ресурсів у європейських країнах : навч. посіб. Миколаїв : ФОП Швець В. М., 2016. С. 284.

89. Мокієнко А. В., Ковальчук Л. Й., Крісілов А. Д. Якість води поверхневих водойм як фактор ризику для здоров'я населення: математична модель. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 10. С. 42–52.

90. Насонкіна Н. Г. Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01. Донецьк, 2006. 38 с. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/348690.html>. (дата звернення: 01.01.2021).

91. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. 254 с.

92. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2016 році / під наук. керівн. М. М. Гіроля. Рівне, 2005. 143 с.

93. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році. Київ, 2018.

94. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. Київ, 2019.

95. Національна доповідь «Цілі сталого розвитку : Україна» : електронна версія / 2017. URL: [https:// www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina](https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina). (дата звернення: 01.01.2021).

96. Нечитайло Н. П. Усовершенствованная технология подготовки и обеззараживания питьевой воды для малых объектов водоснабжения : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Харьков, 2006. 170 с.

97. Олексієнко М. М. Інформаційна технологія оцінювання та прогнозування ризиків захворювання населення від впливу шкідливих домішок водних ресурсів : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Черкаси, 2010. 176 с.

98. Олексієнко М. М. Система інформації для вирішення задач автоматизованої оцінювання якості водних ресурсів та питної води та

управління ризиками від негативного їх впливу на стан здоров'я населення. *Вісник ЧДТУ*. 2008. № 2. С. 133–139.

99. Олексієнко М. М. Якість питної води та стан здоров'я населення Черкаського регіону. *Екологія та освіта: інноваційні технології для сталого розвитку* : зб. статей, доповідей та виступів ІХ міжнар. конф. м. Черкаси, 4–6 листоп. 2004 р., Черкаси, 2014. С. 80–82.

100. Орел Д. С., Мальований М. С. Хімічна технологія силікатів. До концепції екологічного ризику в Україні. *Вісник національного університету «Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування*. Львів : Вид-во нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2008. № 609. С. 285–289.

101. Орел С. М., Мальований М. С., Орел Д. С. Оцінювання екологічного ризику. Вплив на здоров'я людини : навч. посіб. Львів : Вид-во нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2013. 224 с.

102. Переосмислення водної безпеки для України : національний політичний діалог заінтересованих сторін / Т. І. Адаменко та ін. Київ : ГВП-Україна та ВЕГО «МАМА-86», 2016. 20 с.

103. Петросян А. А. Використання оцінювання ризику при управлінні якістю повітря та збереженні громадського здоров'я. *Environmental and Health*. 2016. № 2. С. 47–50. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/dtz\\_2016\\_2\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/dtz_2016_2_11). (дата звернення: 01.01.2021).

104. Піскунова Л. Е., Прилипко В. А., Зубок Т. О. Безпека життєдіяльності. Київ : Академія, 2012. 224 с.

105. Правила користування системами комунального водопостачання та водовідведення в містах і селищах України : наказ Державного комітету України по житлово-комунальному господарству від 01.07.1994 р. № 65. URL: [http://www.uazakon.com/documents/date\\_ci/pg\\_gbnnow/index.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_ci/pg_gbnnow/index.htm). (дата звернення: 01.01.2021).

106. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. Москва : Мысль, 1990. 637 с.

107. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»

(ДСанПіН 2.2.4-171-10) : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>. (дата звернення: 01.01.2021).

108. Про затвердження методичних вказівок «Оцінювання канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води» : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 21.10.2005 р. № 545. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4448>. (дата звернення: 01.01.2021).

109. Про затвердження методичних рекомендацій «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.03.2007 р. № 116. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0116282-07>. (дата звернення: 01.01.2021).

110. Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінювання ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.04.2007 р. № 184. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>. (дата звернення: 01.01.2021).

111. Про затвердження Порядку проведення відбору проектів з реалізації заходів Загальнодержавної програми «Питна вода України» на 2006–2020 роки : наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 06.04.2011 р. № 27. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0602-11#Text>. (дата звернення: 01.01.2021).

112. Про затвердження Порядку розроблення та затвердження нормативів питного водопостачання : Постанова Кабінету Міністрів від 25.08.2004 р. № 1107. URL: <http://www.uazakon.com/document/fpart64/idx64979.htm>. (дата звернення: 01.01.2021).

113. Про затвердження Правил користування системами водопроводу та каналізації на залізничному транспорті України: наказ Міністерства транспорту України від 02.08.1999 р. № 393 URL:

[https://ips.ligazakon.net/document/view/reg4124?an=20&ed=1999\\_08\\_02](https://ips.ligazakon.net/document/view/reg4124?an=20&ed=1999_08_02). (дата звернення: 01.01.2021).

114. Про національну безпеку України : Закон України від 21.06.2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>. (дата звернення: 01.01.2021).

115. Про основні завдання ЦЗ Миколаївської області на 2015 рік : матеріали до Звіту про виконання розпорядження Миколаївської облдержадміністрації від 05.06.2015 р. № 165-р.

116. Про особливості здійснення права власності у багатоквартирному будинку : Закон України від 14.05.2015 р. № 417-VIII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/417-19/page>. (дата звернення: 01.01.2021).

117. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України від 10.01.2002 р. № 2918-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>. (дата звернення: 01.01.2021).

118. Про якість води, призначеної для споживання людиною : Директива Ради від 03.11.1998 р. № 98/83/ЄС. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_963](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963). (дата звернення: 01.01.2021).

119. Проблеми якості води в системах водопостачання України / М. В. Бернацький, В. Й. Чабан. URL: <http://ev.nuos.edu.ua/content/problem-i-yakost%D1%96-vodi-vsistemakhvodopostach>. (дата звернення: 01.01.2021).

120. Програма «Питна вода м. Миколаєва» на 2007–2020 роки. URL: <https://mkrada.gov.ua/documents/22473.html>. (дата звернення: 01.01.2021).

121. Програма реформування та розвитку житлово-комунального господарства Миколаєва на 2015–2019 роки. URL: <https://mkrada.gov.ua/documents/22472.html>. (дата звернення: 01.01.2021).

122. Проєкт «Комплексна модернізація систем централізованого водопостачання та водовідведення Рівненської області в межах балансової належності РОВКП ВКГ "Рінеоблводоканал"», 2015. URL: <https://ror.gov.ua/upload/content/2020/February/IorArdgw.pdf>. (дата звернення: 01.01.2021).

123. Прокопов В. А., Тарабарова С. Б., Тетеньова І. О., Миронець Н. В. Сучасний стан джерел водопостачання та якості питної

води в Україні: аналіз ситуації, проблеми та шляхи їх вирішення. URL: <http://pda.bluefilters.ua/ukr/articles/sostoyanie-istochnikov-i-kachest.html>. (дата звернення: 01.01.2021).

124. Прокопов В. О. Проблема хлорорганічних сполук у питній воді у працях українських науковців. *Environmental and Health*. 2020. № 3. С. 65–73. URL: <http://www.dovkil-zdorov.kiev.ua/publ/dovkil.nsf/all/article?opendocument&stype=%5d55AE1034360DF69CC225833C0049C471>. (дата звернення: 01.01.2021).

125. Пути к созиданию / Н. Н. Моисеев. Москва : Республика, 1992. 254 с.

126. Рак Я., Калда Г. Екологічні проблеми системи водопостачання. *Наукові праці. Серія : Техногенна безпека : наук.-метод. журнал*. Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2004. Т. 31. Вип. 18. С. 155–162.

127. Рой І. О., Пляцук Л. Д. Оцінювання екологічної безпеки систем централізованого питного водопостачання в Україні. *Журнал інженерних наук*. 2014. Т. 1. № 1. С. Е7–Е14.

128. Романчук Л. Д., Башинська І. Л. Інтегральна оцінювання якості водопровідної питної води за показниками хімічної нешкідливості. *Теорія і практика природокористування. Збалансоване природокористування*. 2019. № 1. С. 22–32. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp\\_2019\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2019_1_5). (дата звернення: 01.01.2021).

129. Рудська І. Як використовувати воду ощадливіше. *Велика епоха*, 2015. URL: <https://www.epochtimes.com.ua/zdorovy-i-sposib-zhyttya/yak-vykorystovuvaty-vodu-oshchadlyvishe-121273>. (дата звернення: 01.01.2021).

130. Руководство по обеспечению качества питьевой воды : 4-е изд. Женева : Всемирная организация здравоохранения, 2017. 628 с. URL: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/). (дата звернення: 01.01.2021).

131. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.

143 с. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293853/4293853015.htm>. (дата звернення: 01.01.2021).

132. Самооцінювання забезпечення рівного права на воду та санітарію в Миколаївській області : публікація в рамках проекту «Забезпечення права на воду та санітарію в Україні» МОМЕО «МАМА-86». Миколаїв : ФОП Гудим І. О., 2016. 52 с.

133. Соловійов С. М. Основи наукових досліджень : навч. посіб. Київ . Центр учбової літератури, 2017. 176 с.

134. Статистика запасов и потребления воды в мире. *Z-Украина. Статистика, экономика, политика, персоны.* URL: <http://zet.in.ua/economic/prirodnye-resursy/statistika-zapasov-i-potrebleniya-vody-v-mire/>. (дата звернення: 01.01.2021).

135. Стискал О. А., Петрук В. Г. Аналіз чинників екологічної небезпеки хлорованої питної води. *Вісник Вінницького політехнічного інституту.* 2014. № 5. С. 69–75.

136. Стожаров А. Н. Медицинская экология. Минск : Вышэйш. шк., 2007. 368 с. URL: [http://www.igma.ru/attachments/article/48/Med\\_ecology.pdf](http://www.igma.ru/attachments/article/48/Med_ecology.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).

137. Стольберг Ф. В., Виставна Ю. Ю. Еколого-економічні основи водокористування на урбанізованих територіях. *Вісник СумДУ. Серія : Економіка.* 2007. № 2. С. 81–90.

138. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання : у 2-х т. / Е. А. Ставицький та ін. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 1. 348 с.

139. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання : у 2-х т. / Е. А. Ставицький та ін. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 2. 500 с.

140. Сусь М. О. Дослідження і розробка процесу безпечної дезінфекції води знезаражувальними агентами неокисної дії : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.21. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Київ, 2015. 153 с.

141. Сучасний стан і проблеми реформування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України : матеріали резолюції V Міжнародного конгресу ЕТЕВК-2005, 24–27 бер. 2005. URL: <http://uapravo.net/data/base20/ukr20040.htm>. (дата звернення: 01.01.2021).

142. Тарифи на водопостачання та водовідведення URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/>. (дата звернення: 01.01.2021).

143. Ткачук О. А. Структурно-функціональне удосконалення систем подачі та розподілення води : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Рівне, 2007. 26 с.

144. Третьяков О. В., Андронов В. А. Запобігання водопостачання неякісної питної води з поверхневих джерел в сучасних умовах. *Строительство и техногенная безопасность*. 2008. Вип. 26. С. 110–112.

145. Україна 2020. Огляд стану довкілля та ризиків для людей і бізнесу. *WWF – World Wide Fund For Nature*. URL: [https://wwf.ua/materials/special/ukraine\\_2020/](https://wwf.ua/materials/special/ukraine_2020/). (дата звернення: 01.01.2021).

146. Формула води. Скільки коштує питна вода з крана. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/01/23/644544/>. (дата звернення: 01.01.2021).

147. Чернова Г. В., Кудрявцева А. В. Управление рисками. Москва : Проспект, 2007. 160 с.

148. Шевчук В. Я. Енциклопедія водного господарства, природокористування, природовідтворення, сталого розвитку. Київ : Генеза, 2006. 1000 с.

149. Ширкин Л. А., Трифонова Т. А. Техногенные системы и экологический риск : учеб. пособие. Владимир : Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2011. 79 с.

150. Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды : монография / под ред. В. В. Гончарука. Киев : Наукова думка, 2005. 399 с.

151. Яцик А. В. Водні ресурси, як складова національної екологічної політики України: оцінювання і стратегії розвитку URL:



<http://www.nuwm.rv.ua/metods/asp/vd/v40121.doc>. (дата звернення: 01.01.2021).

152. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4 т., 7 кн. Київ : Генеза, 2004. Т. 3. Кн. 5 : Екологія водокористування. 496 с.

153. Bezsonov Y., Muntian L., Krysinska D. Hydrological-stenobiontic method for determining environmental flows from reservoir “Eastern-European Journal of Enterprise Technologies” (№2/ 10 (110).2021): Ecology, P. 18-26.

154. Biological Assessment Methods for Running Waters in River Water Quality – Ecological Assessment and Control / N. De Pauw and et al. Brussels : European Commission, 1992, P. 217–248.

155. Brozek Frantisaek. Risk Management. Quantitative Risk Assessment. URL:[https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/42900/mod\\_resource/content/1/Quantitative%20risk%20assessment.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/42900/mod_resource/content/1/Quantitative%20risk%20assessment.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).

156. Drinking water in the U.S. URL: <https://www.seccua.com/knowledge-water-quality/>. (дата звернення: 01.01.2021).

157. Drinking Water Safety. London, Whitehall, 55. 2009. URL: <http://www.dwi.gov.uk>. (дата звернення: 01.01.2021).

158. Grigg N. S., Rogers P. D., Edmiston S. Dual Water Systems: Characterization and Performance for Distribution of Reclaimed Water. USA. 2013. P. 282. URL: <https://www.waterrf.org/system/files/resource/2019-07/INFR1SG09b-4333.pdf>. (дата звернення: 01.01.2021).

159. Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control / F. Bangash and et al. Science of the Total Environment. 2013. Vol. 458–460. P. 246–255. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969713004464?via%3DiHub>. (дата звернення: 01.01.2021).

160. European standards for drinking-water : second edition. World Health Organization. Geneva, 1970. 58 p.

161. Guidelines for Drinking-water Quality : third edition. Geneva : World Health Organization, 2008. P. 145–196. URL: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/fulltext.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).

162. Hickey E Harry. Water Supply Systems and Evaluation Methods. Vol. I. : Water Supply Systems Concepts. FEMA, 2008. 153 p.
163. How We Use Water. Water in Daily Life. *United States Environmental Protection Agency*. URL: <https://www.epa.gov/watersense/how-we-use-water>. (дата звернення: 01.01.2021).
164. It's Your Health. Drinking water chlorination. *Health Canada*. URL: [https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/hl-vs/alt\\_formats/pacrb-dgapcr/pdf/iyh-vsv/environ/chlor-eng.pdf](https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/hl-vs/alt_formats/pacrb-dgapcr/pdf/iyh-vsv/environ/chlor-eng.pdf). (дата звернення: 01.01.2021).
165. Keeping Track of Our Changing Environment: From Rio to Rio+20 (1992–2012). Nairobi : United Nations Environment Programme, 2011. 110 p.
166. Kraemer R. Andreas, Pielen B., Roo de C. Regulation of Water Supply in Germany. *CESifo DICE Report*. 2007. Vol. 5. № 2. P. 21–26.
167. Klymenko L. P., Krysinska D. O. The Process of Assessing the Environmental Safety of Drinking Water Supply. *Environment, Resource and Ecology Journal* : international periodic scientific journal. Canada, 2021. Vol. 5. Issue 1. P 1-5.
168. Krysinska D. O., Klymenko L. P. Use (exploitation) of dual (double) water supply systems as a way to rationalize the use of drinking water. *Water Security : Monograph*. Issue 2. – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2021. – P. 154-163.
169. Krysinska D. O. Algorithm for determining of environmental safety of drinking water supply. *Scientific World Journal* : international periodic scientific journal. Bulgaria, 2020. Issue № 6. P. 50-55.
170. Krysinska D. O. Analysis of world experience in implementing dual (double) drinking water supply systems. *Modern Engineering and Innovative Technologies* : international periodic scientific journal. Germany, 2021. Issue № 16.3. P. 112-116.
171. Les éco-gestes du quotidien: les économies d'eau URL: <https://www.infoenergie-bfc.org/eco-gestes-introduction/eco-gestes-eau/>. (дата звернення: 01.01.2021).
172. Martin-Ortega J., Ojea E., Roux C. Payments for Water Ecosystem Services in Latin America: Evidence from Reported

Experience. BC3 working paper series. 2012. P. 27.  
URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Payments-for-Water-Ecosystem-Services-in-Latin-from-Martin>

[OrtegaOjea/6df8884df1ab97571904aa3c74322b68858bbacf](https://www.semanticscholar.org/paper/Payments-for-Water-Ecosystem-Services-in-Latin-from-Martin-OrtegaOjea/6df8884df1ab97571904aa3c74322b68858bbacf). (дата звернення: 01.01.2021).

173. Mortillaro N. This is how much water Canadians waste. 2016. URL: <https://globalnews.ca/news/3016754/this-is-how-much-water-canadians-waste/>. (дата звернення: 01.01.2021).

174. Nemerow L. Nelson, Franklin J. Agardy, Sullivan P., Salvato A. Joseph. Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation : sixth edition. Inc. by John Wiley & Sons, 2009. 383 p.

175. New York City. *Wikipedia. The free encyclopaedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_York\\_City](https://en.wikipedia.org/wiki/New_York_City). (дата звернення: 01.01.2021).

176. Petrusenko. V. Estimation of ecological human health risks by influence of non-threshold toxicants. *Proceedings of the National Aviation University*. 2015. № 1 (62). P. 89–93. URL: <http://www.nau.edu.ua>. (дата звернення: 01.01.2021).

177. Planetary Resources Water. Daily Domestic Water use per capita. URL: <https://slideplayer.com/slide/4768446/>. (дата звернення: 01.01.2021).

178. Planning, Budget, and Results. *United States Environmental Protection Agency*. URL: <http://www2.epa.gov/planandbudget>. (дата звернення: 01.01.2021).

179. Quality unknown. The invisible water crisis / R. Damania and et al. Washington (DC) : World Bank Group, 2019 URL: [https://www.researchgate.net/publication/335959160\\_Quality\\_Unknown\\_The\\_Invisible\\_Water\\_Crisis](https://www.researchgate.net/publication/335959160_Quality_Unknown_The_Invisible_Water_Crisis). (дата звернення: 01.01.2021).

180. Schreier H. Water Conservation. URL: <http://ubclfs-wmc.landfood.ubc.ca/webapp/WID/course/water-conservation-14/urban-water-conservation-54/>. (дата звернення: 01.01.2021).

181. Sweeney V., Duplessis P., Smith Y. Y. Dual water systems / *Sourcebook of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin*

*America and the Caribbean* / UNEP International Environmental Technology Centre OAS. Unit of Sustainable Development and Environment UNEP. Water Branch. Osaka – Shiga – Japan : UNEP International Environmental Technology Centre, 1998. URL: <http://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea59e/ch30.htm>. (дата звернення: 01.01.2021).

182. The United Nations World Water Development Report 2019 : leaving no one behind. UNESCO, 2019. URL: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>. (дата звернення: 01.01.2021).

183. Types of Water Reuse. *The National Academies of Sciences, Engineering, Medicine of USA*. URL: <http://www.nas-sites.org/waterreuse/what-is-water-reuse/types-of-water-reuse/>. (дата звернення: 01.01.2021).

184. Understanding Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater. *The National Academies of Sciences, Engineering, Medicine of USA*. URL: <http://nas-sites.org/waterreuse/what-is-water-reuse/types-of-water-reuse/>. (дата звернення: 01.01.2021).

185. Water Security : monograph / ed. by O. Mitryasova, Ch. Staddon. Mykolaiv : PMBSNU – Bristol : UWE, 2016. 308 p.

186. Water Usage Information. *Rainmaster Technologies PTY LTD*. URL: <https://www.rainmaster.com.au/water-usage-tips/>. (дата звернення: 01.01.2021).

187. World Water Resources and their Use. UNESCO. URL: <http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers>. (дата звернення: 01.01.2021).

188. Yang C., Shen Z., Chen H., Zeng G. Dual Water Distribution Systems in China. 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium, Cincinnati, Ohio, USA. 2006. P. 7. URL: <https://www.researchgate.net/publication/228479391>. (дата звернення: 01.01.2021).

# ДОДАТКИ



УКРАЇНА  
Миколаївська міська рада  
Міське комунальне підприємство  
“МИКОЛАЇВВОДОКАНАЛ”  
вул. Погранична, 161  
м. Миколаїв, 54055  
тел./ факс 58-70-90  
e-mail: [office@vodokanal.mk.ua](mailto:office@vodokanal.mk.ua)

UKRAINE  
Mykolaiv city council  
City municipal enterprise  
“MYKOLAIVVODOKANAL”  
161 Pohranychna Str.  
Mykolaiv, 54055  
tel./fax 58-70-90  
e-mail: [office@vodokanal.mk.ua](mailto:office@vodokanal.mk.ua)

24.12.2020 № 87/2020  
на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### АКТ

про впровадження науково-практичних результатів  
дисертаційної роботи  
КРИСІНСЬКОЇ ДІАНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ

Цим актом підтверджуємо, що результати дисертаційної роботи Крисінської Діани Олександрівни у частині розроблених алгоритмів оцінки екологічного ризику та визначення екологічної безпеки, прийняті до використання в роботі Миколаївського комунального підприємства «Миколаївводоканал».

Корисними в роботі підприємства будуть – проаналізовані автором підходи до оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання, дані результатів розрахунків екологічних ризиків, при споживанні питної води.

Особливої уваги заслуговують ідея та пропозиції переходу на дуальну (подвійну) систему водопроводів, що можуть бути використанні при прийнятті рішень щодо заміни технологій водопідготовки на комунальних підприємствах водопостачання, в процесі їх переходу до сталого розвитку.

Генеральний директор



Борис ДУДЕНКО



УКРАЇНА  
 МИКОЛАЇВСЬКА МІСЬКА РАДА  
**УПРАВЛІННЯ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
 ТА ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ**

вул. Адміральська 14, м. Миколаїв, 54001, тел. 37-36-14, факс 37-36-17, E-mail: ns@mkrada.gov.ua, код ЄДРПОУ 25696764

25.07.2021 № 04/01-2021

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**АКТ**

про впровадження науково-практичних результатів  
 дисертаційної роботи  
 КРИСІНСЬКОЇ ДІАНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ

Даним актом, підтверджуємо, що результати дисертаційної роботи Крисінської Діани Олександрівни у частині розроблених алгоритмів оцінки екологічного ризику та визначення екологічної безпеки питного водопостачання, прийняті для подальшого використання у роботу Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Миколаївської міської ради.

Особливої уваги заслуговують результати розрахунків екологічних ризиків канцерогенного та неканцерогенного походження при споживанні питної води, що можуть бути використанні при прийнятті рішень щодо заміни способів водопідготовки на комунальних підприємствах водопостачання, в процесі переходу на безпечніші для населення технології.

Начальник управління



Олександр ГЕРАСИМЕНЯ



**УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ  
МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ**

пр. Центральний, 16, м. Миколаїв, 54029, тел./факс: (0512) 46-04-27

E-mail: [ecolog@mk.gov.ua](mailto:ecolog@mk.gov.ua), сайт: [ecolog.mk.gov.ua](http://ecolog.mk.gov.ua), код згідно з ЄДРПОУ 38694358

від 10.02.2021 р. № 336/011-04/01 На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**АКТ**

про використання науково-практичних результатів  
дисертаційної роботи Крисінської Діани Олександрівни

Результати дисертаційної роботи Крисінської Діани Олександрівни, а саме частина проведених досліджень з оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання міста, використовуються у роботі управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації.

Подані результати залучено до процесу розробки звітів про стан навколишнього природного середовища області, а також дозволяють обґрунтовувати необхідність зменшення негативного впливу комунальних підприємств на водні об'єкти області, що є важливим у контексті створення умов для сталого розвитку регіону та збереження довкілля.

В.о. начальника управління



Дмитро МАЦ





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Чорноморський національний університет імені Петра Могили

вул. 68 Десантників, буд. 10, м. Миколаїв, 54003, Україна  
Тел/факс: +38 (0512) 500-333, 500-069 E-mail: rector@chmnu.edu.ua <https://chmnu.edu.ua>

18.01.2021 № 01/16-08

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### АКТ

впровадження результатів дисертаційного дослідження  
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
здобувача кафедри екології  
Крисінської Діани Олександрівни

Результати дисертаційної роботи Крисінської Д. О. у частині розроблених алгоритмів оцінки екологічного ризику та визначення екологічної безпеки питного водопостачання впроваджені в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили при виконанні планових наукових досліджень за темами науково-дослідних робіт науково-дослідної теми «Підвищення рівня екологічної безпеки питного водозабезпечення в Миколаївській області» (№ ДР 0112U005117), фундаментальної науково-дослідної роботи «Теоретичні основи визначення індикаторів та коефіцієнтів вагомості індексів екологічної безпеки в системі сталого розвитку Південного регіону України» (№ ДР 0114U004572) та фундаментальної роботи «Науково-практичне обґрунтування та визначення стенобіонтного підходу щодо забезпечення національної екологічної безпеки водних екосистем України» (№ ДР 0120U101959).

Проректор з наукової роботи  
ЧНУ імені Петра Могили



Володимир БЕГЛИЦЯ

Начальник науково-дослідної частини  
ЧНУ імені Петра Могили

Вячеслав АНДРЕЄВ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Чорноморський національний університет імені Петра Могили

вул. 68 Десантників, буд. 10, м. Миколаїв, 54003, Україна  
Тел/факс: +38 (0512) 500-333, 500-069 E-mail: rector@chmnu.edu.ua <https://chmnu.edu.ua>

18.01.2021 № 01/17-08  
На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### АКТ

впровадження результатів дисертаційного дослідження  
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
здобувача кафедри екології  
Крисінської Діани Олександрівни

Основні теоретичні положення та результати практичної частини наукових досліджень, виконані в рамках дисертаційної роботи здобувача кафедри екології Крисінської Діани Олександрівни, впроваджені у навчальному процесі ЧНУ імені Петра Могили.

Зокрема, результати дослідження використовуються при викладанні дисциплін «Системи технологій» для студентів спеціальностей 071 «Облік і оподаткування», 072 «Фінанси, банківська справа та страхування», 073 «Менеджмент», 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» тема 15 «Житлово-комунальне господарство», тема 16 «Стратегії сталого розвитку підприємств», а також ж у лекційному курсі «Техноекоекологія» для спеціальності 101 «Екологія».

Здобувачем вдосконалено зміст навчальних матеріалів шляхом використання методик оцінки екологічної безпеки питного водопостачання та оцінки екологічних ризиків, які є інструментом формування у студентів навичок сталого природокористування.

Перший проректор  
ЧНУ імені Петра Могили



Наталія ІЩЕНКО

## Додаток Б

Динаміка основних показників використання і відведення води, млн м<sup>3</sup>

<i>Показники</i>	<i>2000 р.</i>	<i>2005 р.</i>	<i>2006 р.</i>	<i>2007 р.</i>	<i>2008 р.</i>	<i>2009 р.</i>	<i>2010 р.</i>	<i>2011 р.</i>
Забрано води з природних водних об'єктів – всього	377,86	272,9	315,1	330,5	264,3	231,3	216,5	226,4
у тому числі для використання	277,5	193,7	223,1	233,1	204,9	195,2	183,8	188,6
Спожито свіжої води (включаючи морську) з неї на:	277,5	223,1	223,1	233,1	204,9	195,2	183,8	188,6
виробничі потреби	87,57	95,86	118,7	94,33	110,0	104,5	103,5	95,45
господарсько-питні потреби	84,2	49,16	47,3	46,89	51,92	48,87	48,73	47,41
Зрошення	61,33	26,14	37,2	75,59	35,19	34,11	24,72	33,28
сільськогосподарські потреби	10,74	12,05	11,3	11,44	2,578	3,87	2,95	2,42
ставково-рибне господарство	33,53	0,002	8,68	-	-	3,81	3,84	10,06
Втрати води при транспортуванні	89,64	75,35	89,15	116,2	80,56	73,81	63,76	76,19
Загальне водовідведення, з нього:	122,2	93,20	118,3	74,77	93,0	92,84	91,74	77,28
у поверхневій водні об'єкти	122,2	88,91	114,4	70,62	89,21	88,76	88,04	74,01
у тому числі:								
забруднених зворотних вод	98,17	34,76	29,05	29,35	27,87	27,77	28,63	25,73

з них без очищення	43,72	2,54	0,655	0,202	0,249	0,110	-	-
нормативно очищених	0,68	3,39	3,21	1,31	2,801	2,322	1,382	1,132
нормативно чистих без очищення	23,34	50,76	82,1	39,95	58,54	58,67	58,03	47,15
Обсяг оборотної, повторної та послідовно використаної води	2975,8	3753,9	3230,0	3237,0	3608,0	3435,0	3557,0	3482,0
Частка оборотної та послідовно використаної води, %*	787,5	1952,7	1447,8	1387,5	1760,9	97,18	97,32	111,3
Потужність очисних споруд	-	120,2	120,2	109,4	117,7	117,7	117,1	226,4

<i>Показники</i>	<i>2012 р.</i>	<i>2013 р.</i>	<i>2014 р.</i>	<i>2015 р.</i>	<i>2016 р.</i>	<i>2017 р.</i>	<i>2018 р.</i>	<i>2019 р.</i>
Забрано води з природних водних об'єктів - всього	267,6	268,50	289,5	233,4	233,5	247,1	241,1	233,2
у тому числі для використання	218,0	213,60	217,79	172,0	179,1	176,9	176,1	175,3
Спожито свіжої води (включаючи морську) з неї на:	218,0	213,60	217,79	172,0	179,1	176,9	176,1	175,3
виробничі потреби	101,20	90,19	104,59	98,13	95,48	88,53	88,86	97,08
господарсько-питні потреби	44,09	41,19	36,32	32,22	30,86	31,55	32,67	29,15
Зрошення	47,37	46,56	37,73	41,38	51,34	55,32	53,01	47,46
сільськогосподарські потреби	2,23	2,07	2,13	0,254	0,68	0,59	0,52	0,436

ставково-рибне господарство	23,13	33,52	34,43	-	-	-	-	-
Втрати води при транспортуванні	86,67	83,35	90,74	77,76	77,4	90,54	86,61	76,29
Загальне водовідведення, з нього:	108,60*	122,60**	131,43** *	77,20	72,25	72,19	68,06	78,26
у поверхневій водній об'єкти	105,20*	119,30**	128,42** *	74,01	68,92	60,29	64,90	75,14
у тому числі:								
забруднених зворотних вод	25,55	25,16	24,09	20,98	22,16	22,36	21,22	19,66
з них без очищення	-	-	-	-	-	-	-	0,053
нормативно очищених	1,14	1,03	3,99	0,87	3,16	0,85	0,84	1,97
нормативно чистих без очищення	78,54*	93,13**	100,34** *	52,17	43,60	37,08	42,84	53,50
Обсяг оборотної, повторної та послідовно використаної води	3228,0	2842,0	3687,0	3141,0	3562,0	3459,0	3558,0	3353,0
Частка оборотної та послідовно використаної води, %*	114,2	117,8	117,9	67,38	52,63	52,7	53,12	56,31
Потужність очисних споруд	267,6	268,50	289,5	233,4	233,5	247,1	241,1	233,2

\* з урахуванням об'ємів води, які використовуються ставковими господарствами в розмірі 21,2 млн. м<sup>3</sup> (без скиду);

\*\* з урахуванням об'ємів води, які використовуються ставковими господарствами в розмірі 31,11 млн. м<sup>3</sup> (без скиду);

\*\*\* з урахуванням об'ємів води, які використовуються ставковими господарствами в розмірі 34,43 млн. м<sup>3</sup> (без скиду).

## Додаток В

## Порівняльний аналіз стандартів у галузі питного водопостачання

Показники якості питної води	ЕС	США	ВООЗ	Росія	Україна	Японія	Німеччина	Велика Британія	Франція	Канада
рН	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,5-8,5	5,8-8,6	6,5-9,5	6,5-8,5	6,5-9,0	6,5-8,5
Акриламід, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	-	0,5	-	-	0,0005	-	0,1	-	-
Поліакриламід, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	2000	-	-	-	-	-	-
Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-
Барій, мг/дм <sup>3</sup>	-	2,0	0,7	0,1	-	1,0	0,1	-	-	-
Бензапірен, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,2	0,7	0,005	0,005	-	-	0,01	0,0001	-
Бензол, мг/дм <sup>3</sup>	-	0,04	0,01	0,2	0,01	0,01	-	-	-	-
Берилій, мг/дм <sup>3</sup>	1000	-	500	500	200	-	-	1000	-	-
Бор, мг/дм <sup>3</sup>	1,0	-	2,5	-	0,5	1,0	1,0	1,0	-	-
Бром, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	2,0	1,0	-	-	0,01	-	0,5	-	-
Вінілхлорид, мг/дм <sup>3</sup>	3,0	5,0	3,0	-	-	-	-	3,0	-	-

Дихлоретан, мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	-	0,02	-	-
Залізо, мг/дм <sup>3</sup>	5	5	3	1	0,2	0,3	0,2	5	0,2	0,3
Кадмій, мг/дм <sup>3</sup>	0,005	-	0,005	0,0005	0,0001	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005
Калій, мг/дм <sup>3</sup>	10- 12	-	-	18	-	-	12	10-12	-	-
Кремній, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	100	100	250	-	-	-	-
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	50	-	-	40	80	-	50	50	50	-
Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,005	0,001	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	-
Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	2,0	1,3	2,0	1,0	0,1	1,0	-	2,0	-	-
Молібден, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	70	250	70	-	-	-	-	-
Мишьяк, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,5	0,1	0,5	0,01	0,01	-	0,01	-	-
Натрій, мг/дм <sup>3</sup>	200	-	200	120	200	200	150	200	-	200
Нікель, мг/дм <sup>3</sup>	0,02	-	0,02	0,01	0,02	0,01	0,05	0,02	-	-
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	25- 30	10	5-10	45	50	50	50	25-30	50	45
Нітриди, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	1	3	3,3	3,3	1	0,1	0,1	0,1	4,5

ПАР, мг/дм <sup>3</sup>	-	0,5	-	-	0,5	0,2	0,2	-	0,2	-
ПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	-	0,0002	-	0,0002	-	0,0002	-
Пестициди, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	-	-	-	0,1-0,5	1	-	0,1	-	-
Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,002	0,001	0,005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001
Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	0,010	0,015	0,010	0,030	0,01	0,010	0,04	0,010	-	-
Селен, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01
Срібло, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,1	-	0,05	0,05	-	0,01	0,01	0,01	-
Стронцій, Бк/м <sup>3</sup>	-	-	-	0,7	0,7	-	-	-	-	10
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	250	250	250	500	250	-	240	250	250	500
Сурма, мг/дм <sup>3</sup>	5	6	5	-	5	-	-	5	-	-
Галій, мг/дм <sup>3</sup>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Трихлоретил, мг/дм <sup>3</sup>	10	5	40	-	10	30	-	10	-	-
Феноли, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	-	-	-	0,001	0,005	0,0005	0,001	0,0005	-
Фосфор, мг/дм <sup>3</sup>	0,4- 5,0	-	-	-	-	-	5,0	0,4-5,0	5,0	-



Фтор, мг/дм <sup>3</sup>	1,5	4,0	1,5	0,7- 1,5	0,7-1,2	0,8	1,5	1,5	-	-
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	250	250	250	500	250	200	250	250	200	250
Хлороформ, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	200	200	60	60	-	-	-	-
Хром, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,1	0,05	0,05	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ціанід, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,002	0,07	-	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	-
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	5,0	5,0	3,0	5,0	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0

## ІНТЕГРАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ

За сукупністю фізико-хімічних та біологічних параметрів	Гідрохімічні	За видом водокористування	Гідробіологічні (екологічні)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Показник кратності понаднормативного забруднення <math>K_{пз}</math></li> <li>- Індекс якості води WQI Національної санітарної організації (NSF) (Brown et al., 1970, 1973)</li> <li>- Канадський індекс якості води для прісних екосистем (CCME) CWQI (Канада, 2001)</li> <li>- Індекс евтрофікації TRIX</li> <li>- Показник Ерісмана (за методикою ННІ гігієні ім. Ф.Ф.Ерісмана)</li> <li>- Індекс Р.А.Лозовіка</li> <li>- За методикою В.П.Ємельянової (індекс КІЗ)</li> <li>- За методикою Г.Т.Фрумїна та Л.В.Баркана (1997)</li> <li>- Система класифікації вод за А.А.Билінкіною та С.М.Драчовим</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Індекс забруднення води (ІКЗ)</li> <li>- Індекс трофічного стану (ITS)</li> <li>- Питомий комбінаторний індекс забруднення води (ПКІЗВ)</li> <li>- Хімічний індекс якості води для водних басейнів (США) (Tsebaye et al., 2006)</li> <li>- Показник хімічного забруднення ПХЗ -10</li> <li>- Комбінаторний індекс забруднення В (Е.А.Васильєва та ін., 1998)</li> <li>- Хімічний індекс СІ (Німеччина)</li> </ul>	<p><i>Для питних цілей:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Глобальний індекс якості води для питних цілей GWQI</li> <li>- Категорії якості вод за ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого водопостачання.</li> <li>- Загальносанітарний індекс якості води за ГОСТ 27065-86</li> </ul> <p><i>Зрошення:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAR – відношення поглинання натрію (Міністерство сільського господарства США)</li> <li>- Іригаційний індекс якості води IWQI</li> </ul> <p><i>Рибозведення:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Класифікація рибогосподарських водойм за ГОСТ 17.1.2.04-77</li> <li>- ІВІ – індекс біотичного інтегрування (Simon, 1999)</li> <li>- КБВ – індекс кисневого балансу води (Бельгія, Нідерланди)</li> </ul> <p><i>Для рекреаційних цілей:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ВQI – Beach quality index – індекс якості пляжу (Ariza E. et al., 2010)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Індекс Шеннона H</li> <li>- Індекс Гуднайта-Уотлей</li> <li>- Індекс Вудівісса</li> <li>- Індеси біотестів</li> <li>- Індекс якості води для біорізноманіття BWQI</li> <li>- Коефіцієнт екологічного стану (EQR) за Водною Рамковою Директивою ЄС ((Directive 2000/60/EC)</li> <li>- Індекс якості води для територій, де ведеться добування руд (The Scattercore Index) (Kim, Cardone, 2005)</li> <li>- Індекс якості води для споживання людиною та екосистем (The Wellbeing of Nations) (Prescott-Allen, 2001)</li> <li>- Індекс стабільності та функціонування екосистем (Environmental Performance Index)</li> <li>- Індекс якості води річок (Index of River Water Quality, Тайвань)</li> <li>- Загальний індекс забруднення для річкових систем (Overall Index Pollution, Індія)</li> <li>- Біотичний індекс The Hilsenhoff Biotic Index (HBI, 1987)</li> <li>- Екотоксикологічний індекс за Т.П. Моїсеєнко (1995)</li> <li>- S – індекс сапробності</li> <li>- Інтегральний індекс екологічного стану водойми (ІЕС)</li> <li>- Схема комплексної екологічної оцінки за О.П.Оксіюк та В.П.Жукинським</li> </ul>

## Дані Журналу Миколаївської міської СЕС моніторингу якості води РЧВ III

Рік	Показник						
	Перманганатна окиснюваність, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Залишковий хлор, мг/дм <sup>3</sup>	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мг/дм <sup>3</sup>	Залізо, мг/дм <sup>3</sup>	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>
2003	7,87	0,09226	120,65	0,3	0,0494	0,09226	0,013615
2004	7,41	0,10344	184,33	0,19	0,025	0,10344	0,013375
2005	7,51	0,11769	68,27	0,00058	0,1031	0,11769	0,0132
2006	7,87	0,10397	52,33	0,00175	0,10125	0,10397	0,03622
2007	9,14	0,09254	40,41	0,08277	0,08636	0,09254	0,0079
2008	7,32	0,06958	40,9	0,0023	0,06666	0,06958	0,0022
2009	7,89	0,10577	33,3	0,003	0,05	0,10577	0,00523
2010	8,78	0,1404	35,16	0,00209	0,05	0,1404	0,005
2011	7,97	0,10584	41,36	0,00316	0,05	0,10584	0,01
2012	9,04	0,13702	49,14	0,003	0,05	0,13702	0,01
2013	9,00	-	-	0,00289	0,045	0,15703	-

**Моніторинг якості питної води централізованої системи водопостачання  
по МКП «Миколаївводоканал» за 2013 - 2018 рр.**

№ п/п	Назва показника	Одиниця виміру	Норма по ДСанПіН 2.2.4-171-10	Фактичне числове значення					
				2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	РН	од. РН	6,5-8,5	7,93	8,03	8,035	7,93	7,87	7,75
2	Алюміній	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0	0	0	0	0	0 - 0,012
3	Аміак	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,1	0,09	0,066	0,06	0,09	0,13
4	Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	0,2(1,0)	0,14	0,21	0,14	0,135	0,14	0,15
5	Жорсткість загальна	ммоль/дм <sup>3</sup>	7,0	3,2	3,58	3,54	3,72	3,69	3,64
6	Загальні коліформи	КУО/ 100 см <sup>3</sup>	відсутність	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
7	Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,0017	0,003	0,005	0,0018	0,0043	0,0026
8	Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	0,049	0,058	0,049	0,049	0,12	0,055
9	Мікробне число	КУО/ 100 см <sup>3</sup>	100	0 - 1	0 - 2	0 - 2	0 - 4	3,0	2,0
10	Молібден	мг/дм <sup>3</sup>	0,07	0	0	0	0	0	0
11	Каламутність	мг/дм <sup>3</sup>	0,58	0,32	0,23	0,076	0,13	0,11	0,10

12	Миш'як	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0	0	0	0	0	0
13	Нікель	мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0	0	0	0	0	0
14	Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	50,0	1,89	1,13	0,82	0,75	1,3	1,46
15	Нітрити	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,006	0,004	0,004	0,0045	0,003	0,004
16	Фосфати	мг/дм <sup>3</sup>	3,5	0,23	0,22	0,25	0,34	0,29	0,31
17	Свинець	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0	0	0	0	0	0
18	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	250,0	58,0	61,0	66,7	76,0	74,5	58,0
19	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	1000,0	270,0	282,0	297,8	324,0	316,0	288,0
20	Фтор	мг/дм <sup>3</sup>	07- 1,2	0,185	0,21	0,2	0,19	0,24	0,195
21	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	250,0	27,5	32,5	37,9	43,0	37,0	33,0
22	Хром	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0	0	0	0	0	0
23	Забарвленість	градуси	20	14,8	17,0	11,2	8,4	11,0	15,0
24	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	0,03	0,04	0,042	0,034	0	0
25	Лужність	ммоль/д м <sup>3</sup>	0,5-6,5	2,5	2,66	2,7	2,69	2,7	2,7
26	Залишковий хлор вільний	мг/дм <sup>3</sup>	0,3-0,5	0,47	0,47	0,49	0,44	0,40	0,44
27	Окиснюваність перманганатна	мг/дм <sup>3</sup>	5,0	7,71	8,44	7,04	7,0	6,53	8,1

## Додаток 3

**Дані Національного канцер-реєстру «Рак в Україні»  
Миколаївська область**

<b>Рік</b>	<b>Звичайний (грубий) показник захворюваності на 100 тис. населення</b>
2007	375,4
2008	401,5
2009	389,8
2010	405,7
2011	418,2
2012	431,0
2013	432,7
2014	397,5
2015	400,0
2016	402,5
2017	415,3
2018	412,4
2019	393,7