

ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПОВНОЦІННОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З ТОЧОК РОЗЛИВУ У МІСТІ МИКОЛАЄВІ

Крисінська Д.О.¹, Беркань К.В.², Тимченко І.В.³

¹Чорноморський національний університет імені Петра Могили
68 Десантників, 10, 54000, м. Миколаїв

²Департамент житлово-комунального господарства Миколаївської міської ради
вул. Павла Скоропадського 7, 54006, м. Миколаїв

³Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»
вул. Старосвітська, 52, 37600, м. Миргород

d_krynska@gw.necu.org.ua, katerbekovna13@gmail.com, inna.tymchenko@gw.necu.org.ua

У статті розглянуто актуальну проблему забезпечення населення міста Миколаєва якісною та фізіологічно повноцінною питною водою в умовах переходу від централізованої до децентралізованої системи водопостачання, спричиненого наслідками повномасштабного вторгнення. Після втрати основного джерела водопостачання місто стало залежним від локальних пунктів розливу, що використовують різні технології очищення, зокрема зворотний осмос, іонний обмін, ультрафіолетове знезараження та інші методи. Це зумовило значну варіативність показників якості води, особливо щодо її мінералізації та кислотно-лужного балансу.

Метою дослідження є оцінка фізіологічної повноцінності питної води з точок розливу. У роботі застосовано комплексний підхід, що включає аналіз стану системи водопостачання «до» та «після» 2022 року, польові дослідження з відбором проб у 20 точках міста, експрес-вимірювання показників рН і мінералізації за допомогою портативних приладів, а також просторове картографування результатів із використанням геоінформаційних технологій.

Отримані результати свідчать про значну неоднорідність якості води: лише 10 % досліджених проб відповідали нормативним значенням за обома показниками. У 80 % випадків зафіксовано недостатній рівень мінералізації, а у 40 % – відхилення рН у бік підвищеної кислотності. Встановлено, що надмірне очищення води призводить до зниження вмісту життєво необхідних мінералів, що негативно впливає на її фізіологічну цінність.

Авторами обґрунтовано необхідність впровадження технологій ремінералізації води, зокрема використання мінералізаційних картриджів, колон та систем дозованого додавання солей. Запропоновано також організаційні заходи, спрямовані на підвищення рівня поінформованості населення щодо безпечного споживання маломінералізованої води.

Практична значущість дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення системи моніторингу якості води та прийняття управлінських рішень на місцевому рівні. Отримані висновки можуть бути застосовані не лише для Миколаєва, а й для інших міст, що функціонують в умовах кризових змін систем водопостачання. *Ключові слова:* питна вода, система водопостачання, точки розливу, сталий розвиток, екологічний моніторинг, екологічна безпека, поверхневі води, Дніпро, Південний Буг, воєнні дії.

Evaluation of physiological completeness indicators of drinking water from bottling points in the city of Mykolaiv. Krynska D., Berkan K., Tymchenko I.

The article addresses the urgent issue of providing the population of the city of Mykolaiv with high-quality and physiologically adequate drinking water under conditions of transition from a centralized to a decentralized water supply system caused by the consequences of the full-scale invasion. After the loss of the main water supply source, the city became dependent on local water dispensing points that use various purification technologies, including reverse osmosis, ion exchange, ultraviolet disinfection, and other methods. This has led to significant variability in water quality indicators, particularly in terms of mineralization and acid-base balance.

The aim of the study is to assess the physiological adequacy of drinking water from water dispensing points. A comprehensive approach was applied, including analysis of the water supply system before and after 2022, field studies with sampling at 20 locations across the city, rapid measurements of pH and mineralization using portable devices, and spatial mapping of the results using geoinformation technologies.

The obtained results indicate significant heterogeneity in water quality: only 10% of the analyzed samples met regulatory standards for both indicators. In 80% of cases, insufficient mineralization was recorded, while 40% showed pH deviations toward increased acidity. It was established that excessive water purification leads to a reduction in essential minerals, negatively affecting its physiological value.

The authors substantiate the need to implement water remineralization technologies, including the use of mineralization cartridges, columns, and systems for controlled dosing of mineral salts. Organizational measures aimed at increasing public awareness of the safe consumption of low-mineralized water are also proposed.

The practical significance of the study lies in the possibility of using the obtained results to improve water quality monitoring systems and support local-level decision-making. The findings can be applied not only to Mykolaiv but also to other cities operating under crisis-induced changes in water supply systems. *Key words:* drinking water, water supply system, filling points, sustainable development, environmental monitoring, environmental safety, surface waters, Dnipro, Southern Bug, military operations.



Постановка проблеми. Оцінка якості та фізіологічної повноцінності питної води в Миколаєві є ключовим елементом забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки населення, особливо з огляду на зміну джерел водопостачання та перехід до децентралізованої моделі. Після втрати основного водогону, місто стало залежним від локальних пунктів розливу, які використовують різні системи очищення, що зумовлює значну варіативність показників води.

Актуальність дослідження. Якість питної води є одним із найважливіших чинників, що визначають стан здоров'я населення та рівень екологічної безпеки території. Вода бере участь у всіх життєво важливих процесах організму людини, забезпечуючи підтримання гомеостазу, транспортування поживних речовин, виведення продуктів обміну та терморегуляцію. Недостатня якість питної води або відхилення її складу від фізіологічно оптимальних параметрів можуть спричинити порушення обміну речовин, розвиток хронічних захворювань і зниження адаптаційних можливостей організму.

У сучасних умовах урбанізації, техногенного навантаження на довкілля та зношеності інженерних мереж забезпечення населення якісною питною водою стає однією з найактуальніших проблем для більшості українських міст. Особливо гостро це питання стоїть для міста Миколаєва, де центральна система водопостачання має значний рівень зношеності, а якість води з централізованих джерел часто не відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

У зв'язку з цим мешканці міста все частіше віддають перевагу воді з так званих «точок розливу» – спеціалізованих пунктів, де вода проходить додаткове очищення за допомогою фільтраційних або мембранних технологій. Проте ефективність таких технологій та їхній вплив на фізіологічну повноцінність води потребують наукового обґрунтування й систематичного контролю. Адже надмірне очищення може призвести не лише до зниження концентрації шкідливих речовин, але й до втрати необхідних для організму мікро- та макроелементів, що формують фізіологічну цінність питної води.

Таким чином, оцінка фізіолого-гігієнічних показників води з точок розливу у місті Миколаєві є актуальним науковим і практичним завданням, спрямованим на визначення рівня її безпечності та відповідності вимогам державних стандартів і норм фізіологічної повноцінності.

Мета: оцінити показники фізіологічної повноцінності питної води з точок розливу у місті Миколаєві.

Об'єкт дослідження – питна вода з точок розливу у місті Миколаїв.

Предмет дослідження – показники фізіологічної повноцінності питної води з точок розливу.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати стан та технології системи питного водопостачання в місті Миколаєві в період «до» повномасштабного вторгнення і «після».

2. Здійснити забір зразків питної води з точок розливу у місті Миколаїв та проаналізувати відібрані зразки експрес-методами, акцентуючи увагу на показниках фізіологічної повноцінності.

3. Сформулювати пропозиції вирішення проблеми якості питної води в місті.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Проведене авторами дослідження відповідає загальній багаторічній науковій тематиці НДР та міжнародних проєктів, що виконуються на базі кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили (НДР № державної реєстрації 0112U005117, НДР № державної реєстрації 0120U101959).

Практична значущість дослідження полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані місцевими органами влади, Держпродспоживслужбою, лабораторними центрами МОЗ України, а також комунальними підприємствами водопостачання для вдосконалення системи моніторингу якості питної води на території міста. Впровадження таких даних у практику дає можливість оперативно виявляти відхилення від нормативів, прогнозувати тенденції зміни складу води та своєчасно вживати коригувальних заходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженнями якості питної води систем централізованого постачання та технології її очищення займаються українські і закордонні вчені багато років. Серед важливих напрацювань в цьому напрямку варто виділити дослідження, які проводили О. І Бондар, С. Л. Василенко, М. М. Гіроль, Н. Г. Насонкіна, Ф. В. Стольберг, О. А. Ткачук, О. В. Шестопапов, А. В. Яцик та ін. [1,4,9,13]

Крім того, у 2025 році було затверджено концепцію Державної соціальної програми до 2035 року, спрямовану на покращення доступу до якісної питної води та модернізацію систем водопостачання [10].

Разом з тим варто відзначити те, що ключовим фактором негативного впливу на роботу систем водопостачання, є вторгнення. Цей аспект детально описано в працях [2,12].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проте тематика якості вод децентралізованих систем водопостачання в містах – є недостатньо вивченою. Враховуючи воєнний контекст появи нової децентралізованої системи водопостачання в місті Миколаєві, особливості її функціонування та експлуатації в період нестабільності і неоднорідності джерел водопостачання, вважаємо своєчасним і необхідним дане дослідження, а в подальшій перспективі – його продовження.

Новизна отриманих результатів дослідження полягає у комплексній оцінці показників фізіологічної повноцінності води з місцевих точок розливу

та розробці пропозицій щодо вирішення проблеми низької мінералізації у місті Миколаєві.

Матеріали та методи дослідження. В процесі виконання дослідження програмні пакети *Excel*, *Google Maps*, тощо.

Дослідження проводилося поетапно. Першим етапом став збір первинної інформації про точки розливу води, які функціонують на території населеного пункту. Для кожної точки фіксувалися такі дані: адреса, власник або підприємство, що здійснює діяльність, тип джерела водопостачання (централізоване або автономне) та метод очищення. Особливу увагу приділяли методу очищення води, оскільки саме він визначає її фізіологічну повноцінність і безпечність для споживання. Серед методів, що використовуються в сучасних точках розливу, виділяють механічну та вугільну фільтрацію, зворотний осмос, ультрафіолетове знезараження, озонування та іонний обмін. Кожен із цих способів має свої переваги й недоліки, тому під час дослідження зазначалося, який саме метод застосовується у кожній точці та скільки ступенів очищення проходить вода.

Другим етапом став виїзд на місця розташування точок, проведення візуального обстеження та фіксація санітарно-технічного стану обладнання. Приділено увагу чистоті території, стану резервуарів, кранів, шлангів, наявності інформаційних стендів із результатами аналізів води, а також доступність контактних даних підприємців. У разі відсутності актуальної інформації про якість води робилися відповідні позначки.

Третім етапом була організація відбору проб води для подальшого нагляду методом експрес-аналізу за допомогою солеміру, рН-метру. У процесі дослідження якості води було використано два портативні електронні прилади: TDS-метр AZ 8373 та рН-метр EZODO 7011. Обидва пристрої належать до групи польових вимірювальних інструментів, які забезпечують оперативне та достатньо точне отримання показників мінералізації та кислотно-лужного балансу води без потреби у стаціонарному лабораторному обладнанні [11,14]. Застосування таких приладів дає змогу виконувати вимірювання безпосередньо на місці відбору проб, що підвищує інформативність результатів та мінімізує вплив факторів транспортування й зберігання зразків.

Ці параметри дозволяють зробити висновок про відповідність води санітарним нормам та її фізіологічну повноцінність.

Останнім етапом дослідження стало нанесення отриманих результатів на карту Google Maps. Кожна точка отримала власну позначку з коротким описом: адреса, метод очищення, кількість ступенів фільтрації, результати аналізів та загальної оцінки якості. Такий підхід дозволяє наочно відобразити просторовий розподіл якості питної води у межах міста, порівняти ефективність різних систем очищення та виявити потенційні проблемні зони.

Таким чином, методика дослідження передбачала поєднання практичного збору даних, лабораторного аналізу та геоінформаційного відображення результатів. Це забезпечує комплексне уявлення про стан точок розливу та рівень фізіологічної повноцінності питної води, що реалізується населенню.

Виклад основного матеріалу. Система водопостачання міста Миколаєва історично належить до одних із найскладніших в Україні. Це зумовлено географічним розташуванням міста в південному посушливому регіоні, відсутністю природних підземних джерел достатньої якості та обсягу, а також значним технічним навантаженням на водопровідну інфраструктуру. Основним джерелом питної води до 2022 року був поверхневий водозабір із річки Дніпро, розташований у межах Херсонської області. Вода транспортувалася до міста по Південноукраїнському магістральному водогону протяжністю понад 70 км, який забезпечував централізовану подачу води до всіх районів Миколаєва. Протягом останніх років до повномасштабного вторгнення РФ на територію України, обсяг води, що подавався, становив приблизно 180–200 тис. м³ на добу, що відповідало середньодобовому споживанню міста та задовольняло потреби промислових підприємств [6].

До початку повномасштабного вторгнення російської федерації у 2022 році система централізованого водопостачання функціонувала у стабільному режимі. Основним оператором водопостачання було комунальне підприємство «Миколаївводоканал», яке забезпечувало комплексний цикл водопідготовки, включаючи забір, очищення, знезараження та подачу води споживачам (Рис. 1).

Якість води контролювалася відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10, що передбачало не лише мікробіологічну безпеку, а й фізіологічну повноцінність, тобто наявність необхідних для організму макро- і мікроелементів у допустимих концентраціях [7].

Джерелом водопостачання був водозабір з річки Дніпро, звідки вода подавалася на першу насосну станцію I підйому. Звідти водогін транспортував воду до очисних споруд водогону та насосної станції II підйому, розташованих у Корабельному районі (південь міста) (Рис. 2.).

Таким чином, інфраструктура МКП «Миколаївводоканал» являла собою комплекс взаємопов'язаних об'єктів – насосних станцій, очисних споруд, водогонів і водосховищ, які забезпечували безперебійну подачу питної води населенню міста Миколаєва [8].

Водночас водопровідна мережа міста мала значний фізичний знос: за оцінками спеціалістів, ступінь зношення трубопроводів сягав 60–70%, що часто призводило до аварій, витоків та вторинного забруднення води під час транспортування. У результаті у деяких районах міста спостерігалось локальне падіння тиску, застої води та утворення осаду у тру-

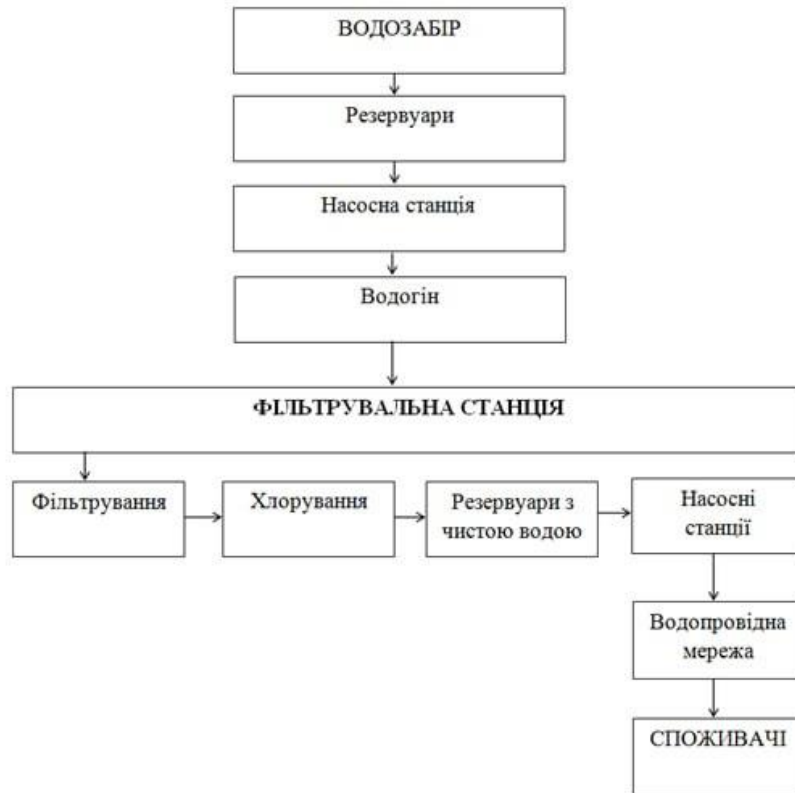


Рис. 1. Схема водопостачання на МКП «Миколаївводоканал» [4]

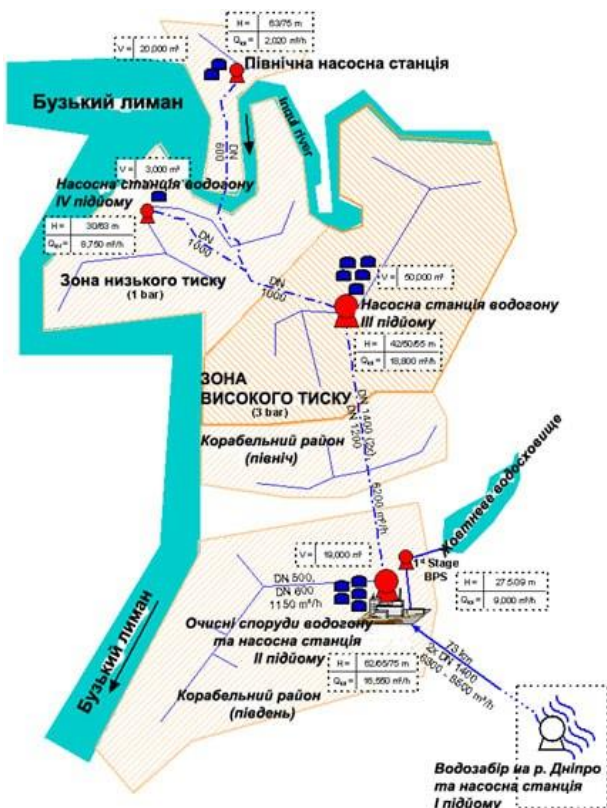


Рис. 2. Інфраструктура підприємства МКП «Миколаївводоканал» [4]

бах, що підвищувало ризик розвитку мікробіологічних забруднень.

Попри технічні обмеження, централізоване водопостачання залишалося головним джерелом питної води для населення, забезпечуючи більшу частину потреб міста. Дотримання санітарних норм і фізіологічної повноцінності води дозволяло задовольнити основні потреби людини у макро- та мікроелементах, необхідних для нормальної роботи серцево-судинної, нервової та травної систем, а також для підтримання водно-сольового балансу організму.

Таким чином, до початку 2022 року система водопостачання Миколаєва була достатньо ефективною, проте залежною від стабільності водозабору з Дніпра та стану фізично зношеної інфраструктури, що зумовлювало необхідність постійного моніторингу якості води та модернізації мережі.

Після початку повномасштабного вторгнення російської федерації у лютому 2022 року ситуація з водопостачанням у Миколаєві докорінно змінилася. Унаслідок бойових дій та окупації частини Херсонської області було зруйновано Південноукраїнський магістральний водогін, який до цього забезпечував місто водою з Дніпра. В результаті постачання дніпровської води до Миколаєва повністю припинилося, і місто опинилося у критичній ситуації через відсутність джерел прісної води для населення. Аварійні служби були змушені терміново шукати альтернативні джерела водозабезпечення та

організувати тимчасові заходи для задоволення мінімальних потреб мешканців у воді.

У перші місяці після зупинки водогону місто змушене було використовувати технічну воду з річки Південний Буг, яка характеризувалася підвищеною мінералізацією – до 2–3 г/дм³ – і не відповідала санітарним вимогам до питної води. Така вода могла застосовуватися лише для технічних потреб: миття, прибирання, обслуговування комунальних об'єктів та промислових підприємств, проте не підходила для споживання людиною через високий вміст солей і можливу наявність шкідливих домішок.

Для забезпечення населення питною водою почали активно створювати децентралізовані пункти розливу, які отримували воду з різних джерел: артезіанських свердловин, підземних водних горизонтів або привозили попередньо очищену воду з інших регіонів.

В цих пунктах застосовувалися сучасні фільтраційні та знезаражувальні установки, які дозволяли забезпечити безпечність води для споживання. Такі системи зазвичай включали кілька ступенів очищення:

- механічну фільтрацію для видалення завислих часток і піску;
- активоване вугілля, для зниження органічного та хімічного забруднення, покращення органолептичних властивостей води;
- іонообмінні колонки, що дозволяють регулювати концентрацію кальцію, магнію та інших катіонів;
- зворотний осмос, який ефективно видаляє розчинені солі та мікроорганізми;
- ультрафіолетове або озонове знезараження, що забезпечує надійне знищення патогенних мікроорганізмів.

Хоча ці системи значно підвищують санітарну безпеку води, вони одночасно можуть знижувати концентрацію життєво необхідних мінералів, таких як кальцій, магній та калій, що негативно впливає на фізіологічну повноцінність води. Тому важливо проводити регулярний лабораторний контроль якості води з точок розливу, щоб оцінити її відповідність нормативам ДСанПіН та державним стандартам.

Згодом у місті сформувалася змішана система водопостачання, яка поєднувала використання різних джерел води. Технічна вода застосовувалася для побутових потреб, що не потребують питної якості (миття, прибирання, полив тощо). В той час, як питна вода реалізувалася через пункти розливу, комерційні автомати та волонтерські організації.

Така модель водопостачання дозволила уникнути гуманітарної катастрофи, проте має низку ризиків:

- відсутність централізованого контролю якості;
- ймовірні порушення санітарних норм під час транспортування та зберігання води;
- ризики зниження фізіологічної повноцінності через надмірне очищення або нестабільність складу мінералів;

– можливе накопичення забруднюючих речовин у трубопроводах та резервуарах точок розливу через недостатній моніторинг і підтримку обладнання.

Стан водопостачання Миколаєва у цей період демонструє суттєві зміни в організації системи водозабезпечення під впливом воєнних дій. Перехід від централізованого водопостачання до децентралізованої моделі створив необхідність детального наукового дослідження якості води, зокрема визначення її фізіологічної повноцінності та відповідності гігієнічним нормам.

Основний нормативний документ, що визначає вимоги до якості питної води регламентує ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджений наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400. Документ установлює понад 90 показників якості, в тому числі показники фізіологічної повноцінності [3].

В процесі дослідження було проаналізовано такі показники фізіологічно повноцінної води:

1. Мінералізація – загальний вміст розчинених солей у межах приблизно 200–500 мг/л, що забезпечує оптимальне надходження мінеральних речовин в організм та сприяє нормальним обмінним процесам.

2. Значення рН – показник кислотно-лужного балансу має перебувати в діапазоні 6,5–8,5, що відповідає вимогам до питної води та є безпечним для здоров'я.

3. Органолептичні властивості – вода повинна бути прозорою, без запаху, стороннього присмаку та видимих домішок, що свідчить про відсутність забруднення та придатність до споживання.

У межах проведеного дослідження було здійснено відбір проб води в двадцяти різних точках мікромережі міста Миколаєва. Метою цього етапу було визначення двох ключових показників, що характеризують якість питної води – рівня мінералізації та показника рН. Для цього використано портативні прилади, які забезпечують оперативність та достовірність польових вимірювань.

Результати оперативних польових вимірювань, подані у таблиці 1, відображають значну варіабельність хімічних властивостей води у різних 20 пунктах відбору. Вимірювання проводилися за допомогою портативних приладів – TDS-метра AZ 8373 та рН-метра EZODO 7011, що забезпечило достатню точність визначення мінералізації та кислотно-лужного стану води безпосередньо на місці відбору.

Таким чином проаналізувавши 20 зразків проб води з точок розливу встановлено, що значення показника рН коливалися в межах від 5,03 до 7,47 (рис. 4), а рівень мінералізації води мав значну варіабельність – від 20 до 415 мг/л (рис. 3).

У 40 % точок значення рН було нижчим за нормативний мінімум 6,5, тоді як 60 % проб відповідали

Показники рН та мінералізації води за точками відбору

№ зразку	Дата відбору зразку	Адреса точки відбору зразку	Отримане значення рН	Отримане значення мінералізації, Мг/л
1	10.07.2025	вул. Інженерна, 3	6.15	97
2	10.07.2025	вул. 2 Слобідська, 75 А	6.3	193
3	10.07.2025	вул. 1 Слобідська, 42	5.03	46
4	10.07.2025	вул. Рюміна, 9	7.47	309
5	10.07.2025	вул. Марка Кропивницького, 22 А	5.3	109
6	10.07.2025	вул. Героїв Рятувальників, 28	6.52	415
7	11.07.2025	вул. 6 Слобідська, 46	6.42	162
8	11.07.2025	вул. Погранична, 143	6.48	161
9	15.11.2025	вул. Курортна, 11 А	6.1	154
10	15.11.2025	вул. Біла, 71	5.4	25
11	15.11.2025	вул. Колодязна, 15	5.97	20
12	15.11.2025	вул. Корабелів, 14 В	6.8	32
13	15.11.2025	вул. Ковальська, 5	7.2	410
14	15.11.2025	вул. Генерала Олекси Алмазова, 20 А	6.67	137
15	15.11.2025	вул. 1 Лінія, 15	7.34	56
16	18.11.2025	вул. Дачна, 7 Б	7	197
17	18.11.2025	вул. Озерна, 15	7,36	51
18	18.11.2025	вул. Дачна, 16	6.93	99
19	18.11.2025	вул. Гліба Бабіча, 24	7.15	46
20	18.11.2025	вул. Вадима Благовісного, 6	6.8	185

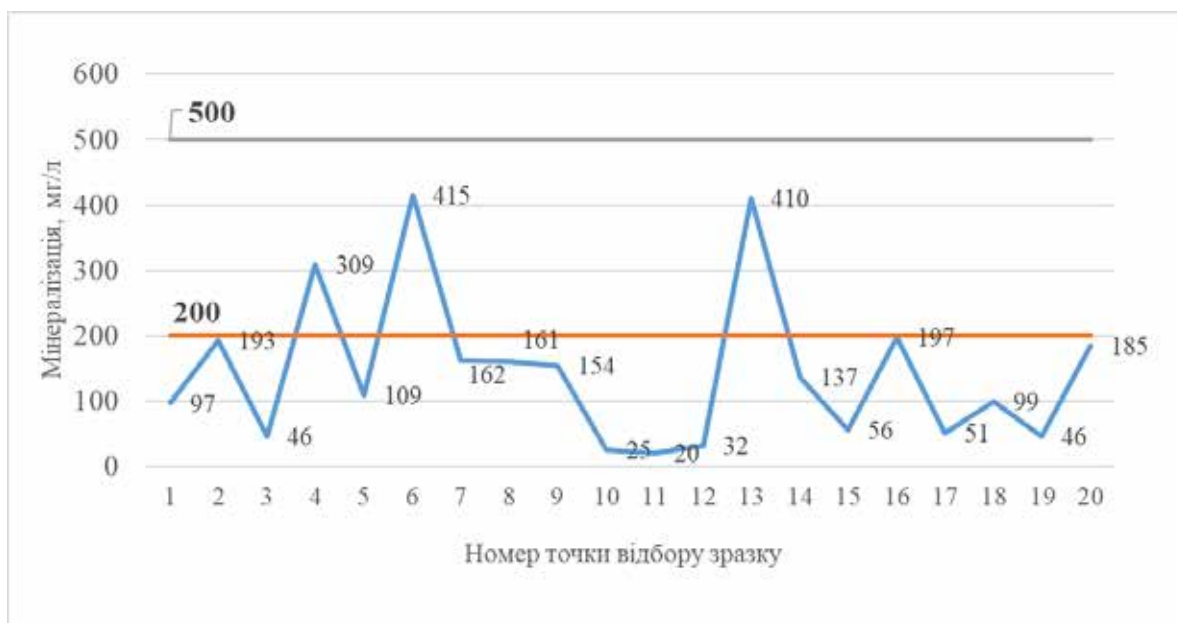


Рис. 3. Діаграма значень отриманих показників мінералізації у порівнянні з нормативними значеннями

нормі або наближалися до неї. Найнижчий показник кислотності – 5,03 на вул. 1 Слобідська, 42 – був на 1,47 одиниці нижче значення нормативного стандарту, тоді як найвище значення – 7,47 на вул. Рюміна, 9 – повністю відповідало нормі. Середнє

значення рН становить – 6,47, що лише на,03 нижче мінімально допустимого.

Рівень мінералізації води мав значну варіативність – від 20 до 415 мг/л, що демонструє різницю більш як у 20 разів. Лише 20 % проб відповідали



Рис. 4. Діаграма значень отриманих показників рН у порівнянні з нормативними значеннями

нормі 200–500 мг/л, тоді як 80 % мали недостатню мінералізацію, з них половина – менше 100 мг/л. Найнижчий показник – 20 мг/л на вул. Колодязна, 15 – становив лише 10 % від норми, тоді як найвищий – 415 мг/л на вул. Героїв Рятувальників, 28 – відповідав 83 % верхньої межі. Середня мінералізація становила 157 мг/л, що на 21,5 % нижче рекомендованого мінімуму.

Виявлено, що 20 % точок мали мінералізацію нижче 50 мг/л, тоді як підвищені показники (300+ мг/л) зафіксовані лише у 15 % проб. Оптимальний діапазон рН 7,0–7,5 спостерігався у 30 % точок, а у 25 % проб одночасно фіксувалися і низький рН, і мінералізація нижча 100 мг/л.

Лише 10 % проб відповідали нормам за обома досліджуваними показниками. Значення рН у межах нормативів зареєстровано у 30 % точок, і тільки одна з досліджуваних точок – вул. Героїв Рятувальників, 28 – мала оптимальні параметри і рН, і мінералізації.

В процесі дослідження було створено цифрову карту на основі сервісу Google My Maps, на яку нанесено всі наявні адреси пунктів видачі питної води в місті Миколаєві (рис. 5). Карта відображає просторовий розподіл пунктів видачі питної води у місті Миколаєві із позначенням їхньої якості за результатами лабораторних вимірювань.

На супутниковій основі Google нанесено три типи маркерів: зелені – точки з відповідною якістю води, жовті – із середніми показниками, червоні – з незадовільними. Карта дає можливість наочно оцінити різницю якості води в окремих районах міста, виявити ділянки з найбільш критичними відхиленнями показників рН і мінералізації та можливість відобразити їх просторове розташування у межах Центрального, Інгульського, Заводського та Корабельного районів міста.

У підсумку встановлено, що у 80 % точок розливу питної води, вода має недостатній рівень мінералізації, а 40 % проб характеризуються кислотністю нижче норми. Це підкреслює необхідність удосконалення системи водопідготовки та впровадження заходів для стабілізації хімічного складу води у місті.

У світовій практиці активно використовують технології ремінералізації води після очищення методами зворотного осмосу або іонного обміну. До найбільш поширених належать:

- Ремінералізаційні картриджі – фільтрувальні елементи, що збагачують воду кальцієм, магнієм та природними солями шляхом проходження її через мінеральні завантаження (кальцитові, доломітові, комбіновані).

- Мінералізаційні колони для централізованих та локальних систем, що дозволяють підвищити загальну жорсткість і мінералізацію до фізіологічних норм.

- Додавання мінеральних солей у контрольованих дозах, що застосовується у ряді країн з дуже м'якою водою (наприклад, Японія, Норвегія) [5].

Нижче наведено порівняння вищезазначених технологій з ремінералізації (табл. 2).

Порівняння трьох технологій ремінералізації показує, що кожна з них має свою оптимальну сферу застосування та різний рівень фінансових і технічних витрат.

Побутові ремінералізаційні картриджі є доступним рішенням для індивідуальних користувачів, але не підходять для великих обсягів. Мінералізаційні колони забезпечують стабільну якість і можуть застосовуватися на пунктах видачі води, проте потребують складнішого обслуговування. Найбільш точним і гнучким методом є дозоване додавання мінеральних солей, що дозволяє досягати норматив-

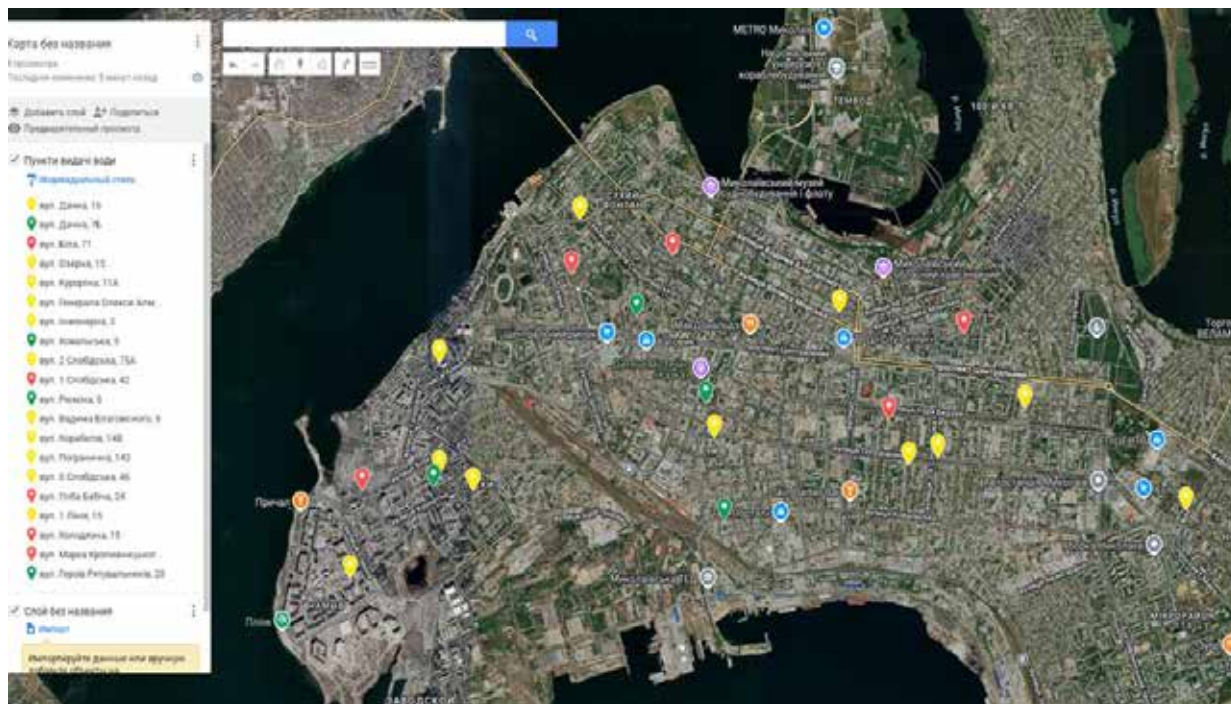


Рис. 5. Картографовані точки видачі води

Таблиця 2

Порівняльна таблиця технологій з ремінералізації води

Параметр	Ремінералізаційні картриджі	Мінералізаційні колони	Дозоване додавання мінеральних солей
Тип системи	Побутові та малі локальні	Локальні та централізовані	Централізовані та великі локальні
Принцип роботи	Розчинення мінералів при проходженні води	Контакт з шаром мінералів	Автоматичне дозування мінеральних солей
Рівень підвищення мінералізації	70–150 мг/л	100–300 мг/л	Гнучке налаштування 50–300+ мг/л
Обсяг води	10–20 л/год	0,5–20 м³/год	10–200+ м³/год
Стабільність	Середня	Висока	Дуже висока
Необхідне обладнання	Картридж, мінерали	Колона, насоси	Дозатор, сенсори
Ресурс	3–6 місяців	1–3 роки	Безстроково
Складність	Низька	Середня	Середня/висока
Витрати на встановлення	150–400 грн / до 10 тис.	30–600 тис. грн	80–250 тис. грн
Експлуатація	Низька	Низька/середня	Низька
Переваги	Дешево, просто	Великі обсяги	Точність
Недоліки	Малий обсяг	Потрібен монтаж	Потрібен контроль
Сфера застосування	Дім, офіс	Школи, лікарні	Централізовані системи

ної мінералізації у великих централізованих системах. Раціональний вибір технології залежить від масштабів системи, доступних ресурсів та необхідного рівня контролю над складом води.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. У результаті

аналізу проб води, відібраних у 20 точках міста Миколаєва, встановлено значну неоднорідність кислотно-лужного стану та рівня мінералізації. Значення рН варіювали від 5,03 до 7,47, що вказує на вплив різних джерел та умов формування якості води.

Показники мінералізації коливалися від 20 до 415 мг/л. Найнижчі значення характерні для свердловин зі зворотним осмосом, що забезпечують дуже м'яку, але фізіологічно неповноцінну воду. Оптимальні або близькі до оптимальних значення мінералізації зафіксовані у шести досліджених точках. Значна частина проб показала занижену мінералізацію, що може бути пов'язано зі специфікою технологій очищення. Такі результати свідчать про неоднорідність хімічного складу води в міській децентралізованій мережі.

У ряді точок видачі води в місті Миколаєві зафіксовано показники мінералізації, близькі до рівня майже дистильованої води. Така вода є безпечною для короткочасного споживання, однак за тривалого використання може бути фізіологічно неповноцінною, оскільки не містить оптимальних концентрацій життєво необхідних мінералів (кальцію, магнію, гідрокарбонатів тощо). У зв'язку з цим, постає потреба у впровадженні технологічних та організаційних рішень, спрямованих на корекцію мінералізації води або забезпечення населення альтернативними, більш збалансованими джерелами.

Щодо технологічних рішень з ремінералізації води, аналізуючи міжнародний досвід можливо окреслити найефективніші підходи до компенсації низької мінералізації питної води у сучасних умовах. Аналіз порівняльних характеристик технологій засвідчив, що жодне рішення не є універсальним, а їх ефективність залежить від масштабів водопостачання, технічних можливостей та фінансових ресур-

сів. Побутові картриджі є доцільними для індивідуального споживання, проте їхня продуктивність не дозволяє використовувати такі системи у пунктах видачі води. Мінералізаційні колони забезпечують стабільний рівень збагачення, що робить їх придатними для соціальних об'єктів та локальних систем. Системи дозованого внесення мінеральних солей демонструють найвищу точність і застосовуються у великих централізованих мережах, де важливо підтримувати параметри води на нормативному рівні. Досвід Сінгапуру, Ізраїлю, Канади та скандинавських країн підтверджує, що ремінералізація є необхідною складовою сучасної водопідготовки.

Для умов міста Миколаєва актуальними виглядають як локальні технічні рішення, так і організаційні рекомендації для населення. Серед компенсаторних заходів для споживачів виділимо – комбінування води, використання мінералізаторів і планування питного режиму. Використання таких рішень, дозволить підтримувати мінеральний баланс навіть за відсутності технічних змін на пунктах видачі. Важливим аспектом вирішення проблемного питання є інформування населення щодо правильного використання маломінералізованої води. Таким чином, комплекс технічних та організаційних заходів може суттєво підвищити якість питної води та сприяти формуванню безпечного, фізіологічно повноцінного водного середовища в умовах не тільки міста Миколаєва, а й інших міст України, які в умовах змін клімату та внаслідок воєнної агресії РФ, можуть опинитися у подібній ситуації.

Література

1. Бондар О.І., Закорчевна Н.Б., Цвєткова А.М. Проблеми водозабезпечення населення питною водою у зв'язку із поглибленням дефіциту доступних водних ресурсів. *Екологічні науки*. № 7 (34). С135-144. URL: <https://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2021/7/25.pdf/> (дата звернення 17.03.2026).
2. Бондар О.І., Гандзюра В.П., Матвієнко М.Г. Вплив воєнних дій та їх наслідків на довкілля України. *Екологічні науки*. 2023. № 1(52). С. 7–15. URL: <https://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2025/59/26.pdf/> (дата звернення 17.03.2026).
3. Державна санітарні норми та правила якості питної води : ДСанПіН 2.2.4-171-10. Київ : МОЗ України, 2010. 45 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text/> (дата звернення 17.03.2026).
4. Крисінська Д.О. Оцінювання рівня екологічної безпеки питного водопостачання : автореф. дис. канд. тех. наук : 21.06.01. Львів, 2021. 25 с. URL: <http://catalog.odnb.odessa.ua/opac/index.php?url=/notices/index/IdNotice:532966/Source:default/> (дата звернення 18.03.2026).
5. Коваленко В. П., Черниш О. М. Сучасні технології підготовки та корекції мінерального складу питної води. *Водопостачання та водовідведення*. 2021. № 4. С. 12–18. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/> (дата звернення: 27.10.2025).
6. З історії Миколаївського водопроводу. URL: <https://archive.mk.ua/publications/z-istoriyi-mykolayivskogo-vodoprovodu/> (дата звернення 20.03.2026).
7. Миколаїв знову з водою: як місто повертає життя після руйнувань. URL: <https://mk-vodres.davr.gov.ua/node/2281/> (дата звернення 19.03.2026).
8. МКП «Миколаївводоканал» інформує. URL: <https://mykolaivmr.gov.ua/item/mkp-mykolayivvodokanal-informuye-2/> (дата звернення 19.03.2026).
9. Мокієнко А. В., Бабієнко В.В., Гуцук І.В. Клімат, вода та інфекції: нові виклики для півдня України на тлі старих проблем. *Public Health Journal*, 2023. № 4. С. 41–49. URL: <https://journals.ostroh-academy.rv.ua/index.php/publichealth/article/view/39/> (дата звернення: 15.03.2026).
10. Програма покращення питного водопостачання України. URL: <https://dream.gov.ua/ua/public-program/DREAM-UA-070825BD97E874?fromUri=/spp-pipeline/> (дата звернення: 20.03.2026).
11. Солемір / TDS-метр ручний AZ-8373 : Товар на сайті SIMVOLT. URL: <https://simvolt.ua/solemir-tds-metr-ruchniy-az-8373/> (дата звернення: 20.03.2026).

12. Тимченко І., Крисінська Д., Гулевець В., Іванов Д., Савченко С., Христинченко Ю. Екологічні наслідки війни для громад: результати пілотної оцінки та рекомендації. – Київ, 2024. – 72 с. URL: <https://necu.org.ua/wp-content/uploads/2024/02/ekologichni-naslidky-vijny-dlya-gromad-rezultaty-pilotnoyi-oczinky-ta-rekomendacziyi.pdf/> (дата звернення: 15.03.2026).
13. Шестопапов О.В., Сагун А.О., Лізантан П.С., Кануннікова Н.О., Гайдучек О.Г., Томашевський Р.С., Воробйов Б.В. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики. *Екологічні науки*. 2023. № 3(54). С. 76–82. URL: <https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2024/3/12.pdf/> (дата звернення 18.03.2026).
14. рН/ОВП-метр/термометр водозахищений з АКТ EZODO 7011 : Товар на сайті SIMVOLT. URL: <https://simvolt.ua/ph-ovp-metr-termometr-vodozahischeniy-z-akt-ezodo-7011.html/> (дата звернення: 20.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 30.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026