МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізіології, імунології і біохімії з курсом цивільного захисту та медицини

Кваліфікаційна робота

магістра

на тему БАКТЕРІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВОДНОГО БАСЕЙНУ М. МИКОЛАЇВ ТА МИКОЛАЇВСЬКОГО РАЙОНУ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.0914–з
спеціальності 091 Біологія
освітньої програми Біологія
Голова О. М.

Керівник доцент, к.б.н., Копійка В. В.
Рецензент доцент, к.б.н., Новосад Н. В.

Запоріжжя – 2025

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біологічний
Кафедра фізіології, імунології і біохімії з курсом цивільного захисту та медицини
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 091 Біологія та біохімія
Освітня програма Біологія

З А Т В Е Р Д Ж У Ю

Завідувач кафедри _____О. Г. Кущ

«_____» _____2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ
Голові Ользі Миколаївні

1. Тема роботи Бактеріологічні показники водного басейну м. Миколаїв та Миколаївського району Bacteriological Indicators of the Water Basin of the City of Mykolaiv and Mykolaiv District
керівник роботи Копійка В. В., к.б.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від « 28 »березня 2025року №454−с
2. Строк подання студентом роботи грудень 2025
3. Вихідні дані до роботи: Вода є основним компонентом організму людини, впливаючи на його гомеостатичні параметри. Саме мікробіологічні показники та хімічний склад води мають визначальний вплив на обмін речовин, роботу внутрішніх органів. Важливим є комплексний підхід та системний моніторинг якості води, що забезпечує своєчасне виявлення ризиків та попередження загроз для здоров'я населення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) дослідити бактеріологічні та хімічні показники води водопровідної та води водопровідної доочищеної; 2) дослідити бактеріологічні та хімічні показники води із свердловин та води із свердловин доочищеної; 3) дослідити бактеріологічні та хімічні показники води поверхневих водойм м. Миколаїв та Миколаївського району.
5.Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Рисунок 1.1. Таблиця 3.1 −3.10. Додаток А, Б, В, Г, Д, Е.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Гороховський Є. Ю., к. б. н., доцент		

7. Дата видачі завдання 04.10.2024 р.

К А Л Е Н Д А Р Н И Й П Л А Н

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	Січень-березень 2025	Виконано
2	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	Березень 2025	Виконано
3	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту.	Лютий-вересень 2025	Виконано
4	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	Червень-Листопад 2025	Виконано
5	Рецензування кваліфікаційної роботи.	Листопад 2025	Виконано
6	Захист кваліфікаційної роботи.	Грудень 2025	Виконано

Студентка _____ О. М. Голова
(підпис)

Керівник роботи_____ В. В. Копійка
(підпис)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ Є. Ю. Гороховський

РЕФЕРАТ

У роботі 101 сторінок, 10 таблиць, 1 рисунок, 5 додатків, було використано 69 літературних джерел, із них 15 іноземною мовою.

Об’єктом дослідження була вода водопровідна, вода водопровідна доочищена, вода із свердловин, вода із свердловин доочищена, поверхневі води (річкова та морська вода) м. Миколаїв та Миколаївського району.

Предметом дослідження були бактеріологічні та хімічні показники водного басейну м. Миколаїв та Миколаївського району.

Методи досліджень – бактеріологічні, хімічні та математико-статистичні.

Метою кваліфікаційної роботи було дослідити динаміку бактеріологічних та хімічних показників різних типів води м. Миколаїв та Миколаївського району.

Бактеріологічний та хімічний склад зразків води значно погіршився з 2022 року, що пов’язано зі зміною джерела центрального водопостачання – перехід на технічну воду з Бузького лиману та з свердловин. У 2022-2025 р.р. спостерігається погіршення бактеріологічних показників у зразках води, які також мали критичне перевищення або характеризувались нестабільністю основних сольових та кислотно-лужних показників. Зниження відсотку зразків, що не відповідали нормативам якості, відбувалось у напрямку «поверхневі води → вода водопровідна → вода з свердловин → вода водопровідна доочищена → вода з свердловин доочищена». Встановлені фільтраційні системи для води водопровідної та зі свердловин демонструють високу ефективність в поліпшені якості води за хімічними показниками, але рівень бактеріального забруднення залишається високим.

БАКТЕРІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ВОДА ВОДОПРОВІДНА, ВОДА ІЗ СВЕРДЛОВИН, ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ.

ABSTRACT

The work consists of 101 pages, 10 tables, 1 figure, 5 appendices, and uses 69 literary sources, 15 of which are in foreign languages.

The object of the study was tap water, purified tap water, well water, purified well water, surface water (river and sea water) in the city of Mykolaiv and the Mykolaiv district.

The subject of the study was the bacteriological and chemical indicators of the water basin of the city of Mykolaiv and the Mykolaiv district.

The research methods used were bacteriological, chemical, and mathematical-statistical.

The aim of the thesis was to study the dynamics of bacteriological and chemical indicators of different types of water in the city of Mykolaiv and the Mykolaiv district.

The bacteriological and chemical composition of water samples has deteriorated significantly since 2022, which is associated with a change in the source of central water supply – the transition to technical water from the Bug Estuary and wells. In 2022-2025, there was a deterioration in bacteriological indicators in water samples, which also had critical exceedances or were characterized by instability in key salt and acid-alkaline indicators. The percentage of samples that did not meet quality standards decreased in the following order: surface water → tap water→water from wells → tap water with additional treatment → water from wells with additional treatment. The filtration systems installed for tap water and well water demonstrate high efficiency in improving water quality in terms of chemical indicators, but the level of bacterial contamination remains high.

BACTERIOLOGICAL INDICATORS, CHEMICAL INDICATORS, TAP WATER, WATER FROM WELLS, SURFACE WATER.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ…… 7
ВСТУП…… 8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ……... 13
1.1 Екологічне значення водних басейнів…... 13
1.2 Основні бактеріологічні та хімічні показники як індикатори якості води……... 17
1.3 Вплив антропогенних факторів на загальний стан водних басейнів…….. 24
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ…… 29
2.1 Об’єкт дослідження…… 29
2.2 Методи дослідження та статистична обробка отриманих результатів дослідження……..... 30
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА……..... 36
3.1 Бактеріологічні та хімічні показники води водопровідної…… 37
3.2 Бактеріологічні та хімічні показники води водопровідної доочищеної….. 46
3.3 Бактеріологічні та хімічні показники води із свердловин…… 56
3.4 Бактеріологічні та хімічні показники води із свердловин доочищеної.... 65
3.5 Бактеріологічні та хімічні показники води поверхневих водойм.……..... 74
4 ОХОРОНА ПРАЦІ……... 84
ВИСНОВКИ…… 91
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ…… 93
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……... 94
ДОДАТКИ……... 102

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БПА – біологічними патогенними агентами

ГДК – гранично допустима концентрація

ДСанПіН – Державні санітарні норми і правила

E. coli – Escherichia coli

pH – водневий показник

БСК – біохімічне споживання кисню

ЕРС – електрорушійна сила

ЗМЧ – загальне мікробне число

КУО – колонієутворюючі одиниці

МОЗ – міністерство охорони здоров’я

МПА – м’ясо-пептонний агар

ЛКП – лактозо позитивні колонії

НІЧ – найменше вірогідне число

НМ – нанометр

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

ХСК – хімічне споживання кисню

ЦКПХ – центр контролю та профілактики хвороб

ВСТУП

Вода є основним компонентом організму (приблизно 60-70% маси тіла). Її якість безпосередньо впливає на обмін речовин, роботу внутрішніх органів. Саме мікробіологічні показники та хімічний склад води має значний вплив на організм людини. Серед можливих порушень показників здоров'я при поганій якості води є: отруєння, інфекційні захворювання, діарея, зневоднення, інтоксикація). Серед хронічних наслідків виділяють хвороби нирок, ураження печінки, онкологічні процеси, серцево-судинні патології (через солі важких металів, натрій) та порушення розвитку у дітей.

Як універсальний розчинник, транспортне середовище і регулятор гомеостазу, вода впливає на функції організму через зміни її хімічного складу. Будь-які порушення цього складу здатні відобразитися на біохімічних показниках і фізіологічному стані, зокрема через коливання інтегральних параметрів здоров'я.

Вода відіграє ключові роль у природному середовищі, впливаючи на гомеостатичні параметри організму людини. На біохімічному рівні вона змінює електролітний баланс, рівень pH, активність окисно-відновних процесів і ферментативну функцію. На фізіологічному рівні, вода впливає на діяльність серцево-судинної системи, нирок, нервової та імунної систем, а також на опорно-руховий апарат. Таким чином, якість питної води виступає вагомим екологічним фактором, що визначає метаболічний статус і адаптаційні можливості організму.

Отже, чиста та збалансована за мінеральним складом вода є ключовим фактором профілактики захворювань і підтримання здоров'я. Виходячи з цього, можна засвідчити, що обрана тема кваліфікаційного дослідження – «Бактеріологічні показники водного басейну м. Миколаїв та Миколаївського району», є актуальною та має практичне значення.

Вода також є одним із ключових компонентів довкілля. Серед основних екологічних викликів, пов’язаних із гідросферою планети, виділяються питання забезпечення населення водою, покращення її якості та способи вирішення відповідних проблем. До недавнього часу ці проблеми не мали настільки гострого характеру завдяки відносній чистоті природних джерел водопостачання та їх достатній кількості. Однак за останні десятиліття ситуація значно ускладнилася. Зростання міського населення, стрімке збільшення антропогенних впливів, таких як воєнні дії, промислові, транспортні, сільськогосподарські й енергетичні викиди, привело до погіршення якості води. У природних джерелах почали з’являтися речовини, невластиві природному середовищу, зокрема хімічні, радіоактивні та біологічні агенти. Усі ці фактори ставлять ефективне водозабезпечення населення, в тому числі міста Миколаїв та Миколаївського району серед найважливіших проблем сучасності.

Миколаївська область має значний рекреаційний потенціал, що обумовлюється її унікальним розташуванням. Територія регіону багата на водні ресурси, серед яких річки Південний Буг, Інгул, Кодима, Синюха та ін., а також лимани й озера. Однак цей природний потенціал часто не використовують відповідно до принципів сталого управління ресурсами. Інтенсивне антропогенне навантаження – зокрема надходження ксенобіотиків та неочищених комунально-побутових стоків – спричиняє зсув гідрохімічного режиму водойм. Це призводить до активізації процесів евтрофікації – неконтрольованому розмноженню ціанобактерій, виснаженню розчиненого кисню та порушенню трофічних ланцюгів. Кінцевим результатом є біоакумуляція токсичних сполук у тканинах гідробіонтів і, як наслідок, деградація водних екосистем та біологічне забруднення, що загрожує якості біологічних ресурсів регіону.

Стан водойм є критичним біоіндикатором місцевого екологічного здоров’я та стратегічним ресурсом для відновлення біорізноманіття регіону в

післявоєнний період. Таке відновлення має обов'язково охоплювати екологічну реставрацію, біомоніторинг та забезпечення сталості гідробіонтів.

Утім, відсутність системного моніторингу та прозорої оцінки гідроекологічного стану ускладнює науково обґрунтоване планування та реалізацію ефективних заходів відновлення водних об’єктів Миколаєва та Миколаївського району. Постконфліктне забруднення внаслідок війни може призводити до евтрофікації, зміни трофічних ланцюгів та накопичення ксенобіотиків у водній біоті.

На цьому тлі особливо актуальним стає проведення комплексного гідробіологічного, мікробіологічного та гідрохімічного аналізу водного басейну. Такий мультидисциплінарний підхід дозволить не лише точно оцінити біогеохімічні цикли та токсикологічне навантаження, а й забезпечити перспективи сталого функціонування водних екосистем у майбутньому.

Об’єкт дослідження – вода водопровідна, вода водопровідна доочищена, вода із свердловин, вода із свердловин доочищена, річкова та морська вода м. Миколаїв та Миколаївського району.

Предмет дослідження – бактеріологічні та хімічні показники водного басейну м. Миколаїв та Миколаївського району.

Мета – дослідити динаміку бактеріологічних та хімічних показників різних типів води міста Миколаїв та Миколаївського району.

Завдання дослідження:

1) дослідити бактеріологічні та хімічні показники води водопровідної та води водопровідної доочищеної м. Миколаїв та Миколаївського району;

2) дослідити бактеріологічні та хімічні показники води із свердловин та води із свердловин доочищеної м. Миколаїв та Миколаївського району;

3) дослідити бактеріологічні та хімічні показники води поверхневих водойм м. Миколаїв та Миколаївського району.

При проведенні бактеріального дослідження зразків води були відмічені значні відхилення за основними сольовими та кислотно-лужними показниками. Тому для комплексної оцінки можливого впливу на

функціонування організму було прийнято рішення ввести у дослідження крім бактеріологічних також і хімічні показники.

База дослідження – Державна установа «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України», яка відіграє ключову роль у забезпеченні громадського здоров'я населення України шляхом запобігання загрозам, реагування на спалахи інфекційних і неінфекційних захворювань та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Незалежно від природи загроз діяльність «Миколаївського обласного центру контролю та профілактики хвороб МОЗ України» спрямована на оперативний моніторинг та аналіз безпечності середовища життєдіяльності.

Теоретична цінність роботи полягає у розширенні наукових уявлень щодо ролі бактеріологічних показників як ключових критеріїв оцінки екологічного стану водних екосистем в умовах урбанізованих територій.

Практична цінність роботи полягає в тому, що отримані результати дослідження можуть бути використані фізіологами, медичними установами, органами місцевого самоврядування, екологічними службами та водоканалами для моніторингу впливу на живий організм та стану водних басейнів, планування природоохоронних заходів і підвищення рівня екологічної безпеки регіону.

Загальна характеристика методології і методів дослідження:

− теоретичні: аналіз, систематизація, класифікація та узагальнення наукової літератури;

− експериментальні: глибинний метод (загальне мікробне число – сапрофітні м/о), метод мембранних фільтрів (колі-індекс, E. coli та ентерокок), експрес методи, де використовувалися такі реагенти як: Colilert-18, Enterolert-E, SimPlate IDEXX-для ЗМЧ, система Quanti-Tray / 2000 с 97 лунками IDEXX (вода річкова і морська); спектрометричний та фотометричний методи; потенціометричний метод (визначення pH), титриметричний метод (визначення загальної жорсткості), гравіметричний метод (визначення сухого

залишку), спектрофотометричний метод (визначення вмісту нітратів), йодометричний метод (визначення розчиненого кисню).

− статистичні: кількісний та якісний аналіз експериментальних даних.

За матеріалами дослідження опубліковано 1 друковану працю – тези за матеріалами V Міжнародної науково-теоретичної конференції «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності» (21 листопада 2025 р.).

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екологічне значення водних басейнів

Водні басейни є найважливішими природними компонентами біосфери, що забезпечують існування, функціонування та розвиток екосистем на всіх рівнях організації живої матерії. Вони відіграють ключову роль у глобальному кругообігу речовин і енергії, формуванні клімату, підтриманні біорізноманіття, а також у соціально-економічному розвитку людства. Вода є основою життя, і саме у водному середовищі зародилося перше життя на Землі [1, 2]. Сучасні водні басейни – річки, моря, озера, водосховища – становлять складну динамічну систему що, тісно взаємодіє з атмосферою, ґрунтовим покровом і біотою. Гідросфера виступає універсальним регулятором температурного режиму планети, буфером коливань тепла й вологості [3].

Кожен водний басейн є унікальною екосистемою, у межах якої відбувається обмін речовинами між живими організмами й абіотичними компонентами. Саме завдяки цьому водні екосистеми забезпечують стабільність біогеохімічних циклів – вуглецевого, азотного, сірчаного, фосфорного тощо. Водойми є осередками інтенсивного фотосинтезу, що сприяє підтриманню кисневого балансу у біосфері [4, 5].

Водні екосистеми надають суспільству широкий спектр так званих екосистемних послуг, серед яких [6, 8, 9]:

- регуляційні послуги – регулювання клімату, очищення води, утримання ґрунтів, запобігання повеням;
- продукційні послуги – забезпечення біологічними ресурсами (риба, водорості, прісна вода);
- культурні послуги – рекреація, естетична та науково-освітня цінність водойм;
- підтримувальні послуги – підтримання біогеохімічних циклів та умов для життя живих організмів [9].

Таким чином, водні басейни – це не просто частина природного середовища, а комплексна екологічна система, яка підтримує функціонування біосфери та забезпечує добробут людського суспільства.

Екологічне значення водних басейнів полягає у їхній ключовій ролі у біогеохімічних циклах, а саме: забезпеченні гомеостазу гідросфери, підтриманні генетичного та видового біорізноманіття гідробіонтів, регуляції мікроклімату та формуванні біологічно доступних ресурсів прісної води. Вони створюють біотопи для існування водних та навколоводних організмів [10, 11]. Раціональне управління та охорона водних басейнів є стратегічною вимогою для сучасної біологічної та екологічної політики, оскільки саме ці об'єкти визначають популяційну стійкість природних та функціональну цілісність антропогенно змінених екосистем у глобальному масштабі [12].

Миколаївська область розташована у південній частині України та належить до басейну Чорного моря. Територія міста Миколаїв та Миколаївського району характеризується розгалуженою гідрографічною мережею, основними елементами якої є річки Південний Буг та Інгул, а також численні малі притоки, лимани, ставки та водосховища. Злиття Південного Бугу й Інгулу безпосередньо в межах міста формує своєрідний Миколаївський водний вузол, який має як стратегічне господарське, так і екологічне значення [13, 14]. Водні ресурси регіону виконують багатофункціональну роль: забезпечують населення питною водою, є джерелом водопостачання для промислових і сільськогосподарських підприємств, використовуються для зрошення, рекреації, рибальства та підтримання локального мікроклімату. Крім того, річки Південний Буг та Інгул є основними транспортними артеріями області, які з’єднують внутрішні райони з морськими портами Миколаєва [15].

Екологічне значення водних басейнів полягає в їхній здатності забезпечувати біогеохімічну стабільність регіону та підтримувати екологічний гомеостаз. Водні екосистеми беруть участь у процесах самоочищення, біотичного колообігу речовин, біофільтрації антропогенних забруднювачів і регуляції гідрологічного режиму [5]. Річки Південний Буг та Інгул, протікаючи

через урбанізовану зону, відіграють роль екологічних (біологічних) коридорів, що з'єднують природні біотопи степової зони з прибережними та лиманними біоценозами. Їхні заплави, притоки та прибережні смуги є середовищем існування великої кількості видів флори і фауни [16]. Крім того, водні басейни виконують кліматорегулюючу функцію, що пом'якшує температурні коливання, підвищує локальну вологість повітря та зменшує запиленість. Завдяки високій теплоємності води та процесам випаровування формується стабілізуючий мікрокліматичний ефект, що сприяє комфортним умовам життя населення в літній період [17].

Водні басейни Миколаївщини – це унікальні осередки біорізноманіття у межах степової зони, де природна рослинність значною мірою трансформована господарською діяльністю. Прибережні території річок і лиманів формують екотопні комплекси, у яких поєднуються водні, болотні та наземні біоценози. Такі зони є місцями гніздування та міграційними шляхами для водоплавних птахів, притулком для земноводних, рептилій і водних безхребетних. Водна рослинність (очерет звичайний, рогіз, елодея, латаття) бере участь у процесах біофільтріції – поглинає надлишкові хімічні сполуки такі як: органічні сполуки, азот, важкі метали, фосфор, сприяючи очищенню води [15]. Місцеві водойми підтримують рибогосподарський потенціал регіону. Тут мешкають цінні види риб – короп, товстолобик, судак, лящ, карась, щука, які є важливою складовою харчової та економічної безпеки області. Біологічна продуктивність цих водойм напряму залежить від якості води, ступеню антропогенного навантаження та забезпечення природніх біотопів [13].

В умовах південного степу України, де переважає посушливий клімат, водні об'єкти мають стабілізуюче екологічне значення. Вони є ключовими компонентами екосистеми, що забезпечують підтримання вологості ґрунтів, формування місцевого водного балансу та функціонування природних угрупувань. Річки Південний Буг і Інгул відіграють вирішальну роль у самоочищенні ландшафтів: під час паводків вони переносять і розподіляють

органічні та мінеральні речовини, сприяючи біогенному кругообігу. Завдяки цьому відбувається відновлення родючості прибережних територій, формування заплавних лук, водно-болотних угідь, що мають високу екологічну цінність. Крім того, водні системи регіону беруть участь у міграції поживних елементів між наземними та водними екосистемами, забезпечуючи біохімічний обмін азоту, фосфору, вуглецю [18]. Таким чином, вони виконують функцію природного регулятора, який підтримує рівновагу між антропогенним навантаженням і відновлювальними процесами природи.

Для міста Миколаїв водні об’єкти мають не лише природоохоронне, а й економічне значення. Південний Буг є основним джерелом водопостачання для промислових підприємств і населення. Його ресурси використовуються у судно-будівництві, харчовій, енергетичній та транспортній сферах. Водночас водні басейни є важливим елементом рекреаційного потенціалу міста. Уздовж берегів річок і лиманів розташовані зони відпочинку, пляжі, туристичні бази, яхт-клуби. Природна мальовничість природніх ландшафтів створює умови для розвитку екотуризму, водних видів спорту та рибальства [15].

Попри природню здатність водних екосистем до самоочищення, в останні десятиліття стан річок Південний Буг та Інгул істотно погіршився. Основними чинниками цього є [14]:

– скид неочищених або недостатньо очищених стічних вод із промислових та комунальних об’єктів;
– сільськогосподарське забруднення – потрапляння у водойми нітратів, фосфатів, пестицидів із полів;
– засмічення побутовими відходами та мікропластиком;
– ерозія прибережних зон через нераціональне землекористування.

Як наслідок, у воді спостерігається підвищення вмісту біогенних елементів, евтрофікація, «цвітіння» води, дефіцит кисню, зменшення чисельності чутливих видів риб та зоопланктону [1].

У контексті сучасних гідроекологічних викликів водні басейни Миколаєва та району виступають ключовими природними біофільтрами. Їхня

функціональна екологічна роль полягає у: регуляції гідрологічного балансу і забезпеченні гомеостазу вологості ґрунтових шарів; зменшенні ризику пилових бур, перегріву повітря, посух; підтриманні генетичного та видового біорізноманіття регіону; біотрансформації та деградації антропогенних забруднювачів; утворення естетичних і культурних ландшафтів, що визначають екологічний імідж міста. Збереження функціональної цілісності водних басейнів є запорукою біологічної безпеки, сталого розвитку регіону, якості питного водопостачання, збереження рекреаційного потенціалу для здоров'я населення [14, 19].

Отже, водні басейни міста Миколаїв та Миколаївського району мають комплексне екологічне та біогеохімічне значення – вони є основою гомеостазу та екологічної рівноваги, критичним джерелом генетичного та видового біорізноманіття, регулятором клімату та невід’ємним елементом соціально-економічної інфраструктури регіону. Водночас інтенсивна антропогенна діяльність створює токсикологічне та органічне навантаження на водні екосистеми, що призводять до зниження якості води, втрати природних біотопів і погіршення гідроекологічної ситуації. Збереження функціональної цілісності водних ресурсів даного регіону вимагає впровадження системного гідроекологічного моніторингу. Тільки за умови збалансованого поєднання господарської діяльності та біоремедіаційних природоохоронних заходів можливо забезпечити довготривалу стійкість водних басейнів як життєво важливих екологічних систем Півдня України.

1.2 Основні бактеріологічні та хімічні показники як індикатори якості води

Якість води є критичним гідробіологічним показником, що визначає функціональну цілісність водних екосистем, рівень біологічної безпеки та

сталість регіонального розвитку. Вона характеризується сукупністю фізико-хімічних і мікробіологічних властивостей, які зумовлюють її придатність для екологічно збалансованого використання. Серед них мікробіологічні індикатори посідають провідне місце, оскільки найчутливіше відображають вплив органічного та фекального антропогенного навантаження, вказуючи на порушення біологічного гомеостазу водойм.

У межах міста Миколаїв та Миколаївського району контроль якості води має особливе значення, оскільки територія належить до посушливої степової зони, де водні ресурси обмежені, а більшість джерел зазнає інтенсивного антропогенного навантаження. Комплексний моніторинг бактеріологічних і гідрохімічних показників води дає змогу оцінити рівень її забруднення, визначити джерела впливу, встановити динаміку екологічного стану водойм і прогнозувати наслідки для біоценозів та здоров'я людини [15]. Формування хімічного складу водних басейнів залежить від такий факторів, як: кліматичні, геологічні, антропогенні. Основні хімічні показники [20, 4], за якими оцінюють якість води, представлено на рисунку (рис. 1.1).

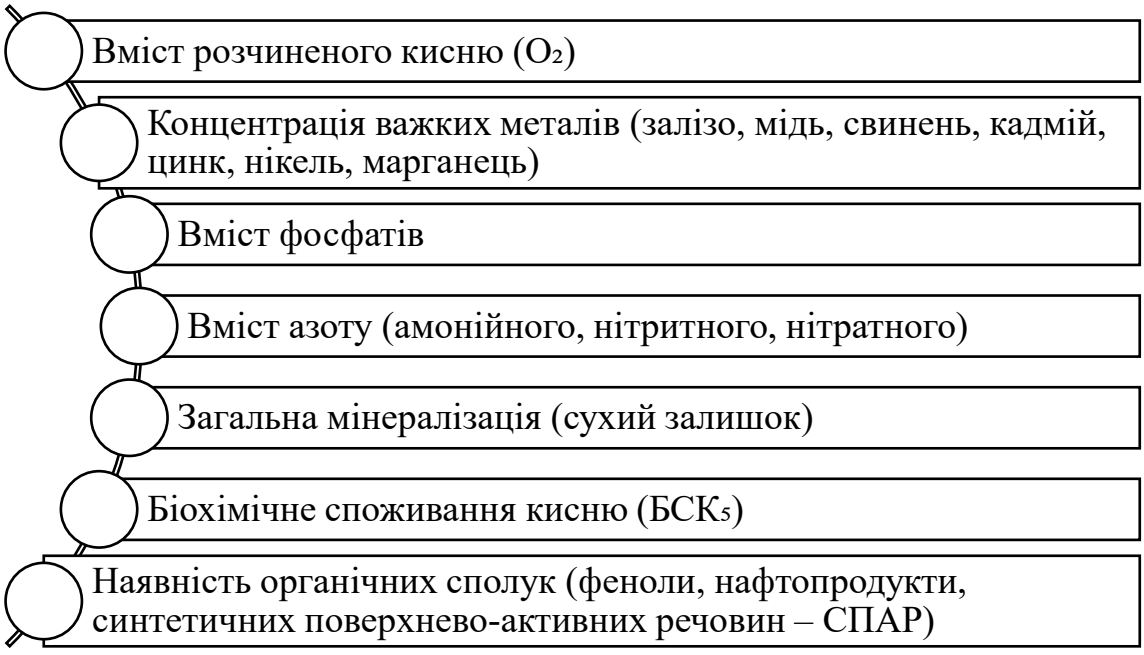


Рисунок 1.1 – Основні хімічні показники якості води [6].

Розглянемо кожен хімічний показник якості води більш детально. Концентрація кисню у воді є показником її екологічного стану. Для чистих водойм вона становить 6-8 мг/дм^3, тоді як у забруднених – знижується до 2-3 мг/дм^3. Зменшення кисню свідчить про надлишок органічних речовин, активний розвиток мікроорганізмів і евтрофікацію. Показник відображає кількість кисню, необхідного мікроорганізмам, таким чином чим вищий $БСК_5$, тим більший рівень органічного забруднення. Для води господарсько-питного призначення він не повинен перевищувати 3-5 мг O_2/дм^3 [21, 22].

Форми азоту – амоній, нітрити, нітрати – свідчать про рівень біологічного забруднення. Амоній азот з'являється при розкладанні органічних речовин, нітрити є проміжним продуктом окиснення, а нітрати кінцевим продуктом, що накопичується при тривалому антропогенному впливі. Для водопровідної води гранично допустима концентрація нітратів становить до 45 мг/дм^3. Перевищення цього рівня є небезпечним для здоров'я людини (метгемоглобінемія, порушення кровообігу, інтоксикація) [23]. Надлишковий вміст фосфатів (понад 0,3 мг/дм^3) стимулює інтенсивне «цвітіння» води, розвиток синьо-зелених водоростей, що погіршує кисневий баланс і призводить до евтрофікації. Джерелами фосфатів у Миколаївському районі є пральні засоби, стоки підприємств та агрохімікати [12].

Важкі метали – один із найнебезпечніших компонентів забруднення. Залізо потрапляє із ґрунтів, трубопроводів, промислових відходів. Кадмій, мідь, цинк, нікель надходять із транспортних викидів, металургійних і машинобудівних підприємств. Накопичення важких металів у воді перевищує допустимі концентрації (наприклад для кадмію – 0,001 мг/дм^3), що може викликати хронічні отруєння, ураження печінки, нирок та нервової системи [11].

Наявність органічних сполук: фенолів, нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) характерна для міських водойм. Вони формують плівку на поверхні водойм, яка не дає запускатися газообмінним

процесам, сприяє негативним змінам смакових властивостей води та є цитотоксичними і мутагенними для гідробіонтів [24].

Щодо бактеріологічних показників якості води, то вони відображають санітарний стан водойм і дають змогу оцінити небезпеку мікробного забруднення. Для цього визначають індекс загальної мікробної забрудненості та наявність санітарно-показових мікроорганізмів [25]. Отже, бактеріологічні показники відображають мікробіологічний стан водного середовища та дозволяють оцінити його безпечність для людини й живих організмів.

У природних водоймах мікроорганізми є природними учасниками процесів самоочищення – вони приймають безпосередню участь при розкладанні органічних речовин, мінералізації та колообігу елементів. Проте, при надмірному антропогенному навантаженні, особливо при потраплянні у воду побутових і господарсько-фекальних стоків, склад мікрофлори істотно змінюється, з’являються патогенні або умовно-патогенні види [26, 27].

З точки зору гідробіології, мікроорганізми це не тільки індикатори, але й ключові функціональні елементи водних екосистем. Вони утворюють основу мікробної петлі (microbial loop), забезпечуючи трансформацію розчиненої органічної речовини у біомасу, доступну для найпростіших та вищих трофічних рівнів. Кількісний та якісний склад мікрофлори є індикатором трофічного статусу водойми та інтенсивності процесів мінералізації. В природі мікроорганізми беруть участь у біотичному колообігу основних елементів, наприклад, азоту та сірки (нітрифікація, денітрифікація, сульфатредукція). При надмірному антропогенному навантаженні, особливо внаслідок надходження неочищених стоків, починають домінувати гетеротрофні та сапротрофні мікроорганізми. Зміна їхнього співвідношення з автотрофами – фітопланктоном, вказує на порушення гомеостазу та зміну трофічного статусу водойми та ефективність самоочищення. Особливу небезпеку становлять ціанобактерії, чиє масове розмноження призводить до синтезу гепато- та нейротоксинів, які накопичуючись у воді та молюсках є значною біохімічною загрозою для гідробіонтів та людини. Сульфатредукуючі

бактерії мають діяльність у донних відкладеннях, що призводить до утворення токсичного сірководню в анаеробних умовах. Сірководень має прямий вплив на гідробіонтів.

Розглянемо основні бактеріологічні показники якості води:

1) загальне мікробне число (далі ЗМЧ), показує кількість колоній мікроорганізмів, що розвивається на поживному середовищі при 37°С. Для питної води ЗМЧ не повинно перевищувати 100 колонієутворюючих одиниць (КУО)/см^3. Підвищення свідчить про активне біологічне забруднення [28];

2) кишкова паличка (*Escherichia coli*). Наявність *E.coli*, є основним показником фекального забруднення. Її наявність свідчить про потрапляння у воду каналізованих стоків, нечистот або відходів тваринного походження. Норма – 0 у 100 см^3 води [29];

3) колі-індекс і колі-титр: колі-індекс показує кількість бактерій групи кишкових паличок у 1 літрі води, а колі-титр – мінімальний об’єм води, у якому виявлено одну кишкову паличку. Для чистої води колі-титр повинен бути не менше 300 см^3, для питної – не менше 100 см^3 [30];

4) загальні коліформи – вказує на наявність термофільних бактерій групи кишкових паличок. Це означає, що разом із коліформами у воді можуть бути збудники холери, дизентерії, гепатиту А та інших інфекційних захворювань. [29];

5) патогенні мікроорганізми – у воді можуть бути присутні сальмонели, шигели, лептоспіри, віруси гепатиту А та ротавіруси. Їхнє виявлення свідчить про серйозне епідемічне неблагополуччя. Вода з такими забрудниками може викликати спалахи кишкових інфекцій [10].

Бактеріологічні та хімічні показники водних басейнів тісно взаємопов’язані. Надлишок органічних речовин у воді створює сприятливе середовище для розвитку гетеротрофних бактерій, що призводить до підвищення мікробного числа, збільшення БСК і зниження концентрації розчиненого кисню. Навпаки, при низькому вмісті біогенних елементів чисельність бактерій зменшується, і вода стає більш «біологічно чистою». В

умовах антропогенного навантаження, ці показники змінюються комплексно. Наприклад, потрапляння побутових стоків викликає зростання амонію, нітритів, фосфатів, підвищення БСК і колі-індексу. Так, зміни сигналізують про деградацію водної екосистеми [31].

Розглянемо нормативи та оцінку якості води згідно з вимогами Державних санітарних норм і правил України (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [32]. Питна вода повинна відповідати певним мікробіологічним та хімічним критеріям, таким як [33]:

– коліформи – відсутні в 1 літрі води;
– відсутність патогенних мікроорганізмів;
– $БСК_5 \leq 3$ мг/л;
– ХСК ≤ 15 мг/л;
– нітрати ≤ 45 мг/л;
– амоній ≤ 0,5 мг/л;
– фосфати ≤ 0,05 мг/л;
– важкі метали – у межах гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Відхилення від цих показників свідчить про забруднення водойм і потребує заходів з очищення біофільтрації або зниження джерел забруднення. Розглянемо особливості якості води в межах міста Миколаїв та Миколаївського району, спираючись на український досвід її дослідження. Водні ресурси Миколаївського регіону формуються переважно за рахунок річок Південний Буг, Інгул, Інгулець, а також дрібних приток і ставків. Аналіз результатів досліджень інших авторів [15, 16, 13], проведених у межах міста та району, свідчить про наявність помірного або підвищеного рівня забруднення у більшості водойм. У пробах води з відкритих водойм періодично фіксується перевищення:

– за вмістом нітратів – до 1,5-2 разів вище норми;
– за $БСК_5$ – у межах 6-10 мг/дм^3, що вказує на надлишок органіки;
– за вмістом фосфатів – у 1,5-3 рази вище допустимих значень;
– індекс ЛКП – у 3-5 рази вище допустимих значень [17, 18].

Бактеріологічний аналіз часто фіксує присутність кишкової палички, а це говорить про потрапляння побутових стоків, особливо у районах прибережної забудови та біля місць несанкціонованих зливів [34, 13]. Особливо чутливими є ставки та малі річки Миколаївського району, які мають слабку проточність і використовуються для зрошення. Тут фіксувалися високі концентрації азоту амонічного (до 1,5 мг/дм^3) і фосфатів (до 0,5 мг/дм^3), що спричиняє інтенсивне «цвітіння» води [14].

Порівняння результатів бактеріологічних та хімічних досліджень за даними інших дослідників [15, 35, 14, 8] показало, що підвищення $БСК_5$ та зниження розчиненого кисню має зв’язок зі збільшенням кількості сапрофітних бактерій, а високі концентрації амонію та нітритів свідчать про свіже органічне забруднення, підвищення нітратів та фосфатів – ознака тривалого антропогенного впливу, наявність кишкової палички підтверджує фекальне походження забруднення. Таким чином, хімічні показники дають змогу оцінити загальний рівень антропогенного навантаження, тоді як бактеріологічні – епідеміологічну безпеку води.

Зміни хімічного складу та мікробіологічного балансу вод призводять до порушення екологічних процесів як: евтрофікація (надмірний розвиток водоростей), дефіцит кисню та гниття органічних залишків, загибель гідробіонтів і зменшення біорізноманіття, накопичення токсичних сполук у донних відкладах і рибі. Для людини наслідки проявляються у погіршенні якості питної води, підвищення ризику інфекційних захворювань, появі неприємного запаху та присмаку води, а також у загальній деградації водних екосистем [36, 37].

На нашу думку, для покращення якості водних ресурсів міста Миколаїв та його району необхідно впроваджувати систему постійного екологічного моніторингу бактеріологічних і хімічних показників, модернізувати очисні споруди та контролювати несанкціоновані скиди, створювати санітарно-захисні зони вздовж річок і ставків, обмежити використання фосфатних

миючих засобів і азотних добрив, проводити екологічну освіту населення щодо раціонального водокористування.

Отже, бактеріологічні та хімічні показники є основними критеріями оцінки якості води, що визначають її придатність до споживання, господарського використання та існування живих організмів. Бактеріологічні параметри відображають санітарно-епідеміологічний стан водних басейнів, тоді як хімічні – ступінь їх мінералізації, органічного забруднення та токсичності. Підвищення концентрації біогенних елементів, важких металів, органічних сполук і патогенних мікроорганізмів свідчить про значний антропогенний тиск і потребує негайного втручання. Для забезпечення екологічної безпеки регіону необхідно реалізувати системний підхід (очисні технології та природоохоронні заходи) та науковий моніторинг основних показників якості води за для своєчасного втручання. Тільки за цих умов водні басейни міста Миколаїв та Миколаївського району зможуть виконувати свої природні, біоекологічні та соціальні функції в повному обсязі.

1.3 Вплив антропогенних факторів на загальний стан водних басейнів

Водні басейни є важливою складовою природного середовища, що забезпечує існування живих організмів, формування клімату, гідрологічного режиму та біогеохімічних процесів. Проте в останній час вони зазнають значного впливу антропогенних чинників, які порушують їхню природну рівновагу. Інтенсивна господарська діяльність, урбанізація, промисловість і сільське господарство призводять до деградації водних екосистем, зниження якості води, скорочення біорізноманіття та втрати екологічних функцій водойм.

Антропогенний вплив на водні екосистеми класифікують за трьома основними типами змін, що впливають на біоту: 1) хімічне забруднення –

надходження до водойм токсичних речовин (важких металів, пестицидів, нафтопродуктів, фенолів, фосфатів, азотистих сполук); 2) фізичне та механічне забруднення – зміна гідрологічного режиму, зарегулювання річок, осушення заплав, замулення, підвищення температури води); 3) біологічне забруднення – потрапляння патогенних мікроорганізмів, чужорідних або інвазивних видів, надмірний розвиток синьо-зелених водоростей. Комплекс цих факторів веде до евтрофікації, гіпоксії, порушення процесів самоочищення та деградації водних екосистем, в тому числі й Миколаївського регіону [38, 5].

Водні басейни міста Миколаїв та Миколаївського району є складовою частиною Південнобузького водозбору, який займає чільне місце у постачанні питної води для населення, розвитку промисловості, сільського господарства та транспорту. Однак інтенсивна господарська діяльність, урбанізація, забруднення стічними водами та нераціональне використання природних ресурсів спричиняють значне погіршення екологічного стану водойм [16]. Антропогенний вплив проявляється у зміні фізико-хімічних властивостей води, накопиченні токсичних речовин, зниженні біологічного різноманіття та порушенні природних процесів самоочищення. Основними джерелами такого впливу в межах Миколаївського регіону є промислові підприємства, сільськогосподарські угіддя, комунальні стоки, транспортна інфраструктура та побутові відходи [13, 28].

Місто Миколаїв є великим промисловим центром півдня України, де зосереджено підприємства суднобудівної, машинобудівної, металургійної, харчової та енергетичної галузей. Значна частина цих виробництв розташовано у безпосередній близькості до річок Південний Буг, Інгул, Інгулець, що створює ризик забруднення вод промисловими стоками [1, 18].

До складу промислових скидів входять [39, 40, 41]:

– важкі метали (свинець, кадмій, нікель, цинк, мідь, хром), які здатні акумулюватися в донних відкладах і біоорганізмах і є інгібіторами ферментативних систем гідробіонтів;

– нафтопродукти – потрапляють із суднoремонтних баз, портових споруд та транспорту;

– феноли, формальдегіди, синтетичні сполуки, що мають токсичну дію на гідробіонтів;

– термічне забруднення – злив підігрітої води з енергетичних об’єктів.

Згідно деяких досліджень [15, 14] відомо, що в районах промислових зон Миколаєва (Корабельний, Заводський райони) у воді фіксується перевищення вмісту заліза у 3-5 разів, міді – у 2-3 рази, а нафтопродуктів – до 0,4 мг/дм^3. При нормативі 0,05 мг/дм^3. Такі концентрації негативно впливають на фітопланктон, зменшують прозорість води, пригнічують фотосинтез і порушують кисневий баланс.

Ще однією з основних проблем водних басейнів міста є потрапляння неочищенних або недостатньо очищених комунальних стоків. У межах Миколаєва діють очисні споруди каналізації, однак через застарілі технології та перевантаження вони не забезпечують повного видалення органічних і бактеріологічних забрудників [13, 42]. До складу комунальних стоків входять: органічні речовини, які підвищують біохімічне споживання кисню ($БСК_5$); фосфати та нітрати, що стимулюють евтрофікацію; побутова хімія – детергенти, хлорвмісні та фосфатні сполуки; бактерії кишкової палички, віруси, ентерококи, які становлять санітарно-епідемічну небезпеку [43, 44].

Згідно досліджень [17, 14], проведених у прибережних районах річки Інгул, встановлено, що у літній період рівень $БСК_5$ перевищує норму у 2-3 рази, а концентрація фосфатів сягає 0,6-0,8 мг/дм^3. Такі показники вказують на сильний вплив побутового навантаження та низьку ефективність очищення стоків. Окрім централізованих джерел, істотним чинником є несанкціоновані зливи побутових відходів у прибережних зонах приватного сектору да дачних масивів, особливо у районі Варварівки, Матвіївки, Мішково-Погорілового. Це призводить до постійного мікробного забруднення та погіршення санітарного стану води [33, 8].

Оскільки Миколаївський район характеризується розвиненим аграрним виробництвом (особливо рослинництвом та тваринництвом), значна частина поверхневих і підземних вод зазнає впливу агрохімічного навантаження. Основними факторами якого є: застосування мінеральних добрив (нітратів, фосфатів, калійних солей), які змиваються з полів під час опадів і потрапляють у річки та ставки; використання пестицидів (гербіцидів, інсектицидів, фунгіцидів), що мають високу токсичність; гнійні стоки з тваринницьких комплексів, які є джерелом мікробного та азотного забруднення [13, 45].

За даними регіональних досліджень [13, 18], у водах, прилеглих до аграрних господарств Миколаївського району, концентрація нітратів сягає 60-90 мг/дм^3, що в 1,5-2 рази перевищує гранично допустимі норми. У водоймах спостерігається цвітіння води, зниження прозорості, загибель мальків і планктону [42]. Пестициди, потрапляючи у воду мають кумулятивний ефект – вони накопичуються у донних відкладах і тканинах гідробіонтів, що створює загрозу для всієї харчової мережі водойм [46, 33].

Зростання міста Миколаєва супроводжується розширенням житлових і промислових зон, збільшенням транспортного руху, будівництвом доріг і портових об’єктів, що змінює гідрологічний режим річок. Під час дощів з міських поверхонь у водойми потрапляють нафтопродукти, гумові частинки, важкі метали, солі, пил, сміття. Особливо це стосується вод Південного Бугу біля мостів, портових причалів і автошляхів [13]. Урбанізація також спричиняє зменшення площ зелених зон та прибережних лісосмуг, які відіграють роль природних біофільтрів. Їх руйнування призводить до підвищення ерозії ґрунтів, замулення водойм і зниження їх самоочисної здатності [47].

Антропогенне навантаження має безпосередній вплив на гідробіонтів – мікроорганізми, водорості, безхребетних і риб. У водоймах міста Миколаїв спостерігається: зниження чисельності чутливих до забруднення видів планктону (діатомових, зелених водоростей); домінування синьо-зелених водоростей, характерних для евтрофних водойм; накопичення токсинів у рибі (особливо у коропових, які мешкають у стоячих ставках); збільшення кількості

сапрофітних і патогенних бактерій. В результаті порушується біоенергетичний баланс екосистеми, змінюється структура трофічних ланцюгів і знижується здатність водойм до самоочищення [9, 14]. Щодо стану водних об'єктів міста Миколаїв та Миколаївського району, то за результатами екологічного моніторингу [15], рівень антропогенного забруднення водних басейнів регіону оцінюється як «помірно неблагополучний». Основними тенденціями є те, що у річці Південний Буг спостерігається підвищений вміст азотних сполук (до 1,2 мг/дм^3) та фосфатів (до 0,5 мг/дм^3); у річці Інгул зафіксовано перевищення $БСК_5$ до 9-11 мг/дм^3, що свідчить про органічне забруднення; у ставках Миколаївського району відмічається висока бактеріальна забрудненість і наявність кишкової палички у 60-80% проб [14]. Ці дані підтверджують, що водні об'єкти зазнають комплексного хімічного, біологічного та фізичного навантаження, яке впливає на їхній гідрологічний режим і екологічну стабільність.

Постійне забруднення водних басейнів призводить до евтрофікації водойм та зниження прозорості, дефіциту розчиненого кисню і масової загибелі гідробіонтів, порушення ланцюгів живлення, що впливає на рибогосподарське значення водойм, біоакумуляції токсичних речовин у харчових ланцюгах, підвищення епідемічного ризику серед населення, деградації природних ландшафтів. Особливо небезпечним є те, що значна частина ксенобіотиків (важкі метали, нітрати, пестициди) має високу стійкість до біодеградації, тому їхній кумулятивний ефект поглиблює гідроекологічну кризу, що є довготривалою загрозою для біологічної безпеки регіону [7].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об’єкт дослідження

Об’єктом дослідження стали поверхневі водойми міста Миколаїв та Миколаївського району, які входять до водного басейну річки Південний Буг та її приток. До складу досліджуваних водних об’єктів належать ділянки річкової мережі, а також окремі природні водойми, що використовуються для господарсько-побутових, рекреаційних і промислових потреб регіону.

Моніторинг проводився на основі бактеріологічних та хімічних досліджень зразків води, виконаних у 2021-2025 роках. У рамках дослідження здійснювався відбір проб у різних точках міста Миколаїв і Миколаївського району, що репрезентують основні гідрологічні ділянки басейну. Зокрема, до об’єктів спостереження входили:

– річкові водойми (Південний Буг, Інгул, притоки та малі річки району);
– ставки та водосховища господарсько-побутового та технічного призначення;
– рекреаційні водойми, що використовуються для відпочинку населення.

Об’єкт дослідження є надзвичайно важливим, оскільки водні ресурси регіону мають визначальне значення для забезпечення біологічної стійкості та життєдіяльності населення, промисловості та сільського господарства. Наявність у воді як бактеріологічних, так і хімічних забруднень безпосередньо впливає на гідроекологічний гомеостаз, функціональну цілісність водних екосистем та епідемічну безпеку населення.

Таким чином, дослідження спрямоване на комплексну гідробіологічну та гідрохімічну оцінку стану поверхневих вод Миколаївського регіону шляхом визначення динаміки змін їхніх ключових бактеріологічних та хімічних індикаторів.

2.2 Методи дослідження та статистична обробка отриманих результатів дослідження

Для оцінки мікробіологічного стану водного басейну міста Миколаїв та Миколаївського району (річкової та морської води) було використано комплекс сучасних мікробіологічних, хімічних та аналітичних методів, які забезпечують точність, відтворюваність та достовірність отриманих результатів.

Для визначення загального мікробного числа (ЗМЧ), що характеризує кількість сапрофітних мікроорганізмів у воді, застосовувався глибинний метод посіву. Зразки води попередньо гомогенізували, після чого здійснювали висів певного об’єму на м’ясо-пептонний агар (МПА). Посіви інкубували при температурі 22±2°С протягом 72 години для розвитку психрофільної мікрофлори та при 37±1°С протягом 24 годин для мезофільної. Підрахунок колоній проводили з урахуванням розведень і виражали результати в колонієутворюючих одиницях на 1 мл води (КУО/мл) [48].

Для виявлення та кількісного визначення бактерій групи кишкової полички (*Escherichia coli*) та ентерококів у воді застосовувався метод мембранних фільтрів. Через стерильні мембранні фільтри з порами 0,45 мкм пропускали визначений об’єм води (100-500 мл). Фільтри переносили на селективні живильні середовища: ендо- або МФ-агар для *Escherichia coli* та агар КФ для ентерококів. Інкубацію проводили при 37°С протягом 24 годин. Після інкубації ідентифікують характерні колонії, а результати виражали як наявність колонієутворюючих одиниць у 100 мл зразка [49].

З метою прискорення аналізу та підвищення точності було застосовано експрес-методи IDEXX. Використовувалися такі реагенти та тест-системи як [48]:

1) Colilert-18 – для виявлення бактерій групи кишкової палички (*Escherichia coli*) та загальних коліформ;

2) Enterolert-E – для виявлення фекальних ентерококів;

3) SimPlate IDEXX – для визначення загального мікробного числа (ЗМЧ);

4) Система Quanti-Tray/2000 із 97 лунками – для кількісної оцінки мікробного забруднення методом найбільш імовірного числа (НІЧ).

Зразки води змішували із відповідними реагентами та інкубували у термостаті при температурі 35±0,5°С протягом 18-24 годин. Після інкубації результат оцінювали за наявністю флуоресценції під ультрафіолетовим світлом або за зміною кольору. Кількість позитивних лунок у системі Quanti-Tray/2000 дозволяла визначити чисельність мікроорганізмів у 100 мл проби відповідно до таблиць НІЧ (Most Probable Number, MPN) [50].

Для підтвердження та кількісної оцінки результатів використовували спектрометричний та фотометричний методи. Фотометричні вимірювання оптичної густини зразків проводили на спектрофотометрі при довжинах хвиль 540-600 НМ, що дало змогу оцінити рівень мікробного росту та концентрацію забруднювальних компонентів. Спектрометричний аналіз застосовувався для контролю якості води за фізико-хімічними показниками (зокрема, вміст органічних речовин, які опосередковано впливають на розвиток мікрофлори) [48].

Для оцінки хімічного стану водних об’єктів – річкової та морської води – використовували комплекс класичних та інструментальних методів, які дозволяють кількісно визначити основні показники якості води: pH, загальну жорсткість, сухий залишок, вміст азоту нітратів та розчинений кисень. Ці параметри є основними індикаторами хімічного складу води, відображають її придатність для господарсько-побутового та рекреаційного використання, а також впливають на розвиток гідробіонтів [49].

Для вимірювання водневого показника (pH) використовувався потенціометричний метод, принципом якого було вимірювання електрорушійної сили (ЕРС), що виникає між скляним та електродом порівняння, зануреними у воду за допомогою лабораторного pH-метра (pH-150M). Перед вимірюванням прилад калібрували стандартними буферними

розчинами з pH 4,00; 7,00 та 9,18. Вимірювання здійснювали в лабораторії при температурі 20±2°C. Результати записували з точністю до 0,01 одиниці pH. Для природних вод нормативними вважаються значення pH у межах 6,5-8,5 одиниць [49, 50].

Для визначення загальної жорсткості води використовували титриметричний метод, принципом якого було утворення стійких хелатних сполук катіонів кальцію і магнію з трилоном Б (ЕДТА) у лужному середовищі. Під час аналізу до 100 мл проби води додавали 1-2 мл буферного розчину і декілька крапель індикатора. Титрування проводили розчином трилону Б до переходу кольору з червоно-фіолетового у чисто синій. Розрахунок результатів проводили за формулою − (2.1):

$$\text{Жорсткість (ммоль/дм}^3) = \frac{V \text{ титрану} \times c \text{ ЕДТА} \times 1000}{V} \quad (2.1)$$

Отримані значення порівнювали з нормативами: для прісних вод загальна жорсткість не повинна перевищувати 7,0 ммоль/дм^3.

За допомогою гравіметричного методу визначався сухий залишок. Принцип методу полягав у вимірюванні маси залишку після випаровування певного об’єму води та висушування до сталої маси. Під час аналізу 100 мл профільтрованої води випаровували в попередньо висушеному та зваженому фарфоровому тиглі на водяній бані. Після повного випаровування пробу висушували у сушильній шафі при 105°C протягом 2 годин і знову зважували після охолодження в ексикаторі. Розрахунок сухого залишку проводився за формулою – (2.2):

$$\text{Сухий залишок (мг/дм}^3) = \frac{(m2 - m1) \times 1000}{\text{V}} \quad (2.2)$$

де, m_1 – маса порожнього тигля, m_2 – маса тигля з залишком, V – об’єм проби (мл). Після чого результати порівнювали з нормами: для питних вод –

не більше 1000 мг/дм^3, для морських – значно вищий, через природний вміст солей [49].

Визначаючи вміст нітратів, як показник мінералізації органічних речовин і ступень евтрофікації водойм, застосовувався спектрофотометричний метод (ультрафіолетовий). Його сутність полягала в тому, що нітрати поглинають ультрафіолетове випромінювання з максимумом при довжині хвилі 220 НМ, при цьому корекція робилась за випромінюванням при 275 НМ, для усунення впливу органічних домішок. Проводячи аналіз фільтровану пробу поміщали у кварцову кювету та вимірювали оптичну густину при 220 і 275 НМ. Концентрацію нітратів розраховували за калібрувальним графіком, побудованим за стандартними розчинами KNO_3. Норма для поверхневих вод – до 45мг/дм3 за азотом нітратів [50].

Для встановлення рівня насиченості води киснем (розчинений кисень), що є важливим показником якості води та умов життя гідробіонтів застосовували йодометричний метод. Принципом методу було те, що розчинений кисень окиснює гідроксид марганцю (II) до діоксиду марганцю, який у кислому середовищі звільняє еквівалентну кількість йоду. Йод титрували розчином тіосульфату натрію ($Na_2S_2O_3$) [49]. Під час хімічного аналізу до зразка води додавали розчини сульфату марганцю та лугу з йодидом калію. Після утворення осаду і його розчинення у кислому середовищі проводили титрування тіосульфатом натрію 0,025 н з індикатором крохмалу до знебарвлення. Розрахунок результатів проводили за формулою – (2.3):

$$O_2\,(\text{мг/дм}^3) = \frac{V\,(\text{Na2S2O3}) \times C(\text{Na2S2O3}) \times 8 \times 1000}{V\ \text{проби}} \qquad (2.3)$$

Після чого, отримані результати порівнювали з нормами: для екологічно чистих вод рівень розчиненого кисню повинен становить не менше 6 мг/дм^3 для річкових та 5 мг/дм^3, для морських вод.

Отже, застосування комплексу наведених методів було отримано об’єктивну характеристику бактеріологічного та хімічного стану водного басейну міста Миколаїв та Миколаївського району. Поєднання вище наведених методів забезпечило високу точність і надійність результатів, оскільки підлягають варіаційно-статистичній обробці.

Отримані експериментальні дані обробляли методами статистичної обробки [59 − 64].

Середнє арифметичне:

$$M = N / n \tag{2.4}$$

де N – сума вибірки;

n – кількість вибірки.

Середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x-M)2}{n-1}} \tag{2.5}$$

де x – сума вибірки;

M – середнє арифметичне;

n – кількість вибірки

Середньоарифметична похибка:

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \tag{2.6}$$

Різниця між двома середніми значеннями:

$$d = \overline{M}_1 - \overline{M}_2 \tag{2.7}$$

Середня помилка значущості:

$$md = \sqrt{m_1^{\,2} - m_2^{\,2}} \tag{2.8}$$

Критерій Стьюдента:

$$td = \frac{d}{md} \tag{2.9}$$

Число ступенів свободи знаходили за формулою:

$$f=d=v= n_1 + n_2 - 2, \tag{2.10}$$

де n_1 і n_2 – обсяги порівнюваних вибірок.

Значення достовірності, відповідне розрахованому td, знаходили за таблицею Ст’юдента. Достовірними вважали значення при $P \geq 0{,}95$ ($p \leq 0{,}05$).

Розрахунки виконувались із застосуванням програмного забезпечення Microsoft Excel, що дозволило автоматизувати підрахунок середніх величин та відхилень. Отримані результати статистичної обробки дали змогу визначити динаміку змін бактеріологічних та хімічних показників води, виявити сезонні коливання, тенденції забруднення та загальний рівень екологічного навантаження на водні басейни міста Миколаїв та Миколаївського району та можливий їх вплив на показники функціонування організму людини.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

З квітня 2022 року під час російської агресії проблема водозабезпечення міста Миколаєва значно погіршилася через пошкодження водогону, що транспортував воду з річки Дніпро. Внаслідок цього місто залишилося без централізованого водопостачання. Для тимчасового вирішення проблеми було організовано подачу технічної води з Бузького лиману. На початку серпня 2022 року, під час обстрілу очисних споруд міста, було завдано великої шкоди технологічному обладнанню, також пошкоджень зазнали три каналізаційні насосні станції. При відсутності централізованого водопостачання в місті почали бурити нові свердловини для забезпечення населення прісною водою.

Якісна питна вода є необхідною для забезпечення здоров'я. Вона підтримує нормальну температуру тіла, забезпечує живлення клітин, допомагає у виведенні токсинів та залишків відходів з організму. Достатня гідратація також покращує роботу серця, нирок та кишечника. У воді є різні мікроорганізми, бактерії, віруси, токсичні речовини, які викликають різні захворювання, такі як: інфекційні хвороби, неінфекційний дерматози, екземи, цироз печінки, анемія, серцево-судинні, сечокам'яні хвороби, розлади нервової, травної систем, та хвороби, пов'язані з хімічним забрудненням води: водно-нітратна метгемоглобінемія, флюорози, отруєння пестицидами та інші. Висока загальна жорсткість води (підвищений вміст у ній солей кальцію і магнію) спричиняє сечокам'яну, нирковокам'яну, жовчнокам'яну хвороби, а також подагру. Вживання води, яка забруднена нітратами, призводить до виникнення водно-нітратної метгемоглобінемії.

При вживанні води з високою мінералізацією можливі зміни електролітного обміну, порушення функцій серцево-судинної системи, нирок, а також органів травлення і опорно-рухового апарату. І при надлишку кальцію ймовірне виникнення сечокам'яної хвороби, порушення водно-сольового обміну і раннє звапніння кісток у дітей.

Російські війська підірвали греблю Каховської ГЕС 6 червня 2023 року, спричинивши масштабну техногенну та гуманітарну катастрофу. Підрив призвів до затоплення територій нижче за течією Дніпра, загибелі людей, руйнування майна, а також серйозних екологічних наслідків. Рівень води в річці Південний Буг піднявся, а в деяких населених пунктах Миколаївщини сталися підтоплення. У воду потрапили речовини від затоплених АЗС, хімічних складів, скотомогильників, вигрібних ям.

Опираючись на те, що основою нашого здоров'я є питна вода, а її якість не завжди задовільна, єдиний спосіб оцінити безпечність – це проводити лабораторні дослідження. Оскільки мікробіологічне забруднення та певні хімічні домішки не змінюють органолептичні властивості води, а тому і не викликають підозри щодо її небезпечності.

Представлені експериментальні дані охоплюють результати моніторингу якості води у місті Миколаєві та Миколаївському районі за період 2021–2025 років. Дослідження проводились на базі Державної установи «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» за широким спектром бактеріологічних та хімічних показників. Нами проводились випробування зразків за наступними показниками: запах, кольоровість, мутність, pH, загальна жорсткість, сухий залишок, сульфати, хлориди, кальцій, магній, загальне залізо, фтор, йод, марганець, мідь, цинк, алюміній, нікель, хром, кадмій, феноли, нафтопродукти, азот аміаку, азот нітритів, азот нітратів, натрій, розчинений кисень, БСК, ХСК, загальне мікробне число, загальні коліформи, Індекс ЛКП, *E.coli* та ентерококи.

3.1 Бактеріологічні та хімічні показники води водопровідної

Результати бактеріологічного та хімічного аналізу зразків води водопровідної представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати бактеріологічного та хімічного аналізу зразків води водопровідної, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 р.р.

Показники	Бактеріологічні показники				Хімічні показники					
	ЗМЧ, КУО/ в 1 $см^3$	Загальні коліформи	*E.coli* КУО/ 100 $см^{-3}$	Ентерококи КУО/ 100 $см^{-}$	Запах при 20° – 60° С (у балах)	Кольро–вість, °	Мутність, мг/$дм^3$	pH	Загальна жорсткість, мг/$дм^3$	Сухий залишок, мг/$дм^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2021 рік										
Кількість досліджень	398	398	398	398	186	186	186	109	39	97
Середнє та похибка	10,19 ± 0,9	–	–	–	0,11± 0,03	4,27± 0,39	0,54± 0,03	7,54± 0,06	7,37± 1,33	562,76± 78,10
Виявлено позитивних	16	53	3	23	0	1	1	7	15	14
%	4,02	13,32	0,75	5,78	0	0,54	0,54	6,42	38,46	14,43
2022 рік										
Кількість досліджень	151	151	151	151	30	29	30	50	30	50
Середнє та похибка	19,08± 3,99	–	–	–	0,53± 0,18*	22,00± 3,52	3,61± 1,39	7,55± 0,11*	19,9± 2,52	3322,28± 612,38
Виявлено позитивних	17	27	3	8	1	14	16	4	23	21
%	11,26	17,88	1,99	5,30	3,33	48,28	53,33	7,69	76,67	42,00

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2023рік										
Кількість досліджень	260	260	260	260	193	193	195	112	94	110
Середнє та похибка	76,68± 9,52*	–	–	–	0,29± 0,05*	12,31± 1,22	2,84± 0,35	7,64± 0,04*	10,05± 2,29*	1936,75± 145,34*
Виявлено позитивних	71	49	2	20	4	56	60	2	67	72
%	27,31	18,85	0,77	7,69	2,07	29,02	30,77	1,79	71,28	65,45
2024 рік										
Кількість досліджень	122	122	122	122	69	69	69	69	69	69
Середнє та похибка	87,21 ±8,7	–	–	–	0,16± 0,05*	16,41± 0,96	2,52± 0,27	7,57± 0,08	12,83± 0,66	1786,67± 103,18
Виявлено позитивних	62	44	0	0	0	21	53	2	59	57
%	50,82	36,07	0	0	0	30,43	76,81	2,90	85,51	82,61
2025 рік										
Кількість досліджень	212	212	212	212	92	92	92	92	88	88
Середнє та похибка	81,45 ±8,68	–	–	–	0,26± 0,07	12,85± 1,16	1,97± 0,24	7,22± 0,08	9,02± 0,6	1383,36± 99,23
Виявлено позитивних	92	57	15	10	0	27	45	13	53	51
%	43,40	26,89	7,08	4,72	0	29,35	48,91	14,13	60,23	57,95

Продовження таблиці 3.1

Показники	Хімічні показники											
	Сульфати, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3	Кальцій, мг/дм^3	Магній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Фтор, мг/дм^3	Йод, мг/дм^3	Марганець, мг/дм^3	Мідь, мг/дм^3	Цинк, мг/дм^3	Алюміній, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2021 рік												
Кількість досліджень	35	47	25	25	98	22	0	4	4	4	4	0
Середнє та похибка	146,25 ± 32,83	165,90 ± 45,99	63,90± 15,88	52,69± 13,64	0,10± 0,01	0,19± 0,05	–	0,02± 0,01	0,004± 0,006	0,02± 0,004	0,02± 0	–
Виявлено позитивних	6	11	4	0	5	3	0	0	0	0	0	0
%	17,14	23,40	16,0	0	5,1	13,64	0	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	30	50	30	30	98	22	0	4	4	4	4	0
Середнє та похибка	432,08± 58,83*	1263,97 ± 262,88	28,25± 7,90	48,96± 13,25*	0,10± 0,01	0,19± 0,05*	–	0,02± 0,01	0,004± 0,006*	0,02± 0,004	0,02 ± 0	–
Виявлено позитивних	19	20	0	6	23	0	0	1	0	0	0	0
%	63,33	40,0	0	20,0	46,0	0	0	100	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.1

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2023рік												
Кількість досліджень	79	79	58	58	110	78	0	26	11	8	76	21
Середнє та похибка	362,06± 39,19	540,85± 77,78*	68,42 ± 7,39	61,71 ± 7,23	0,60± 0,06*	0,29± 0,02	–	0,01± 0,003	0,01± 0,003	0,16± 0,08	0,02± 0,0001	0,02± 0,01
Виявлено позитивних	44	54	7	20	79	0	0	1	0	0	0	4
%	55,70	68,35	12,07	34,48	71,82	0	0	3,85	0	0	0	19,05
2024 рік												
Кількість досліджень	54	54	5	5	65	54	0	16	1	2	12	2
Середнє та похибка	534,49± 21,12	709,09± 46,35	127,60 ± 1,60	105,82 ± 5,09	0,51± 0,03	0,41± 0,03*	–	0,003± 0,002*	0,0002 ± 0	0,01± 0,0004	0,03± 0,004	0,01± 0
Виявлено позитивних	53	53	1	5	55	0	0	0	0	0	0	0
%	98,15	98,15	20,00	100	84,62	0	0	0	0	0	0	0
2025 рік												
Кількість досліджень	85	86	0	0	90	73	0	0	0	0	52	0
Середнє та похибка	241,28± 19,25	383,14± 52,49	–	–	0,39± 0,05	0,34± 0,04	–	–	–	–	0,02± 0,0006	–
Виявлено позитивних	41	39	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0
%	48,24	45,35	0	0	53,33	0	0	0	0	0	0	0

Продовження Таблиця 3.1

Показники	Хімічні показники											
	Хром, мг/дм^3	Кадмій, мг/дм^3	Феноли, мг/дм^3	Нафтопродукти, мг/дм^3	Азот аміаку, мг/дм^3	Азот нітритів, мг/дм^3	Азот нітратів, мг/дм^3	Натрій, мг/дм^3	Розчинений кисень, мг/дм^3	БСК–5, мгO$_2$/дм^3	БСК–20, мгO$_2$/дм^3	ХСК, мгO$_2$/дм^3
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2021 рік												
Кількість досліджень	1	12	0	0	108	101	40	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,15± 0,05	–	–	0,07± 0,004	0,003± 0,0002	26,55± 2,69	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	9	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
%	0	75,0	0	0	0	0	17,50	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	1	12	0	0	50	50	30	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,15± 0,05	–	–	0,23± 0,13*	0,01± 0,01*	33,57± 4,74	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	2	1	8	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	4,0	2,0	26,67	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.1

1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2023рік												
Кількість досліджень	5	11	0	0	109	94	103	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	0,01± 0,001	0,0002± 0,00001*	–	–	0,14± 0,01	3,47± 2,38*	10,49± 2,93*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	4,26	2,91	0	0	0	0	0
2024 рік												
Кількість досліджень	0	2	0	0	69	55	69	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,0002± 0,00001	–	–	0,16± 0,01	0,02± 0,0002	3,41± 1,07	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	0	2,90	0	0	0	0	0
2025 рік												
Кількість досліджень	0	0	0	0	91	90	88	0	0	52	0	0
Середнє та похибка	–	–	–	–	0,17 ± 0,02	0,02± 0,0001	13,96+ 2,69	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	0	10,23	0	0	0	0	0

Примітки:

1. «*» − показник статистично значимо відрізняється від даних попереднього року дослідження ($p \leq 0,05$);

2. «–» – дослідження не проводились.

У 2021 році за результатами бактеріологічних досліджень встановлено, що у 4,02% зразків (10,19±0,9) виявлено перевищення нормативних значень за показником наявності сапрофітних мікроорганізмів. Також загальні коліформи виявлено у 13,32 % проб, наявність *E. coli* – 0,75 %, а ентерококи – у 5,78 % зразків, що вказує на періодичне потрапляння свіжих фекальних стоків у систему водопостачання. Отже забруднення існувало, але було контрольованим.

Також спостерігалося незначне перевищення норми при дослідженні води водопровідної за такими хімічними показниками: загальна жорсткість – у 38,46% (7,37±1,33), хлориди – 23,4% (165,90±45,99), азот нітратів – 17,5% (0,10±0,01) зразків. Під час дослідження вмісту кадмію було виявлено перевищення нормативних показників у 75% зразків (0,15±0,05).

Якщо концентрація деяких хімічних елементів за досліджуваний період занадто низька і знаходилася на межі чутливості методу, тоді результати статистично не відрізняються.

Порушення хімічного складу води водопровідної призводить до токсичного впливу на органи й системи. Нітрати викликають гіпоксію, важкі метали уражають нервову систему, нирки та кровотворення, надлишок хлору подразнює слизові, а жорстка вода спричиняє сухість шкіри та підвищене навантаження на нирки. Тривале вживання такої води веде до накопичення токсинів та порушення метаболізму.

Починаючи з 2022 року спостерігалася чітка тенденція до зростання концентрації, як мікроорганізмів так і хімічних елементів. Це пов’язано з пошкодженням водогону та тимчасовою подачею технічної води з Бузького лиману.

Відхилення бактеріологічних показників води водопровідної може спричинити гострі кишкові інфекції (дизентерію, ешерихіоз, сальмонельз), паразитарні захворювання та порушення мікрофлори кишечника. Таке забруднення викликає діарею, нудоту, біль у животі, інтоксикацію й зневоднення, а при тривалому впливі – хронічне запалення слизової та зниження імунітету. Додатково в таблиці 3.2 та у Додатку А графічно представлена динаміка якості водопровідної води у % зразків, що перевищують норму.

Таблиця 3.2 – Динаміка якості водопровідної води за % зразків, що перевищують норму за період 2021-2025рр.

Рік	Бактеріологічні показники			Хімічні показники				
	ЗМЧ	Загальні коліформи	Ентерокок	Загальна жорсткість	Хлориди	Сухий залишок	Азот нітритів	Азот нітратів
2021	4,02	13,32	5,78	38,46	23,4	14,43	0,00	17,50
2022	11,26	17,88	5,30	76,67	40,0	42,0	2,00	26,67
2023	27,31	18,85	7,69	71,28	68,35	65,45	4,26	2,91
2024	50,82	36,07	0	85,51	98,15	82,61	0,00	2,90
2025	43,4	26,89	4,72	60,23	45,35	57,95	0,00	10,23

Графік чітко показує різке погіршення якості води водопровідної з 2022 року, пов’язане з подачею технічної води з Бузького лиману. Після катастрофи на Каховській ГЕС (2023 рік) спостерігалося невелике зростання патогенних ентерококів (7,69%), що є найвищим показником за весь період. Пік хімічного забруднення зафіксовано у 2024 році (98,15% проб із перевищенням хлоридів). Незважаючи на загальне покращення хімічних показників у 2025 році, залишається високий рівень ризику інфекційних захворювань. На нашу думку необхідне посилення контролю знезараження води, моніторинг джерел постачання після аварій та системне оновлення водопровідних мереж.

Статистично значуще зростання середніх значень було встановлено для хлоридів, сухого залишку та загальної жорсткості при порівнянні даних 2021 року з усередненими даними періоду 2022–2024 років. Це підтверджує, що перехід на водопостачання з Бузького лиману став основною причиною хімічного забруднення.

Порівняння середніх значень за 2023 рік (після підриву ГЕС) із 2022 роком виявило статистично значуще зростання середніх концентрацій азоту нітритів та азоту нітратів. Це свідчить про посилення забруднення води біогенними елементами та продуктами розкладу органіки, що співпадає з припущенням про потрапляння у воду стоків, складів та скотомогильників після повені.

Отже, перевищення гранично допустимих концентрацій за бактеріальними та хімічними показниками свідчать про непридатність досліджуваної води для споживання людиною. Використання такої води може спричинити підвищення рівня захворюваності, що передаються водним шляхом, а також отруєння хімічними речовинами.

3.2 Бактеріологічні та хімічні показники води водопровідної доочищеної

У зв’язку з забороною вживати водопровідну воду, визнаною як потенційно небезпечної для здоров’я людини, проводилося додаткове очищення за допомогою різних систем фільтрації.

Проведені протягом 2021–2025 років дослідження якості водопровідної доочищеної води в місті Миколаєві та Миколаївському районі дозволили простежити суттєві зміни у складі та властивостях води за основними бактеріологічними й фізико-хімічними показниками (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати бактеріологічного та хімічного аналізу зразків води водопровідної доочищеної, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському району за 2021–2025 р.р.

Показники	Бактеріологічні показники				Хімічні показники					
	ЗМЧ, КУО/ в 1 $см^3$	Загальні колі-форми	*E.coli* КУО/ 100 $см^{-3}$	Ентерококи КУО/ 100 $см^{-}$	Запах при 20° – 60° С (у балах)	Кольро-вість, °	Мутність, мг/$дм^3$	pH	Загальна жорсткість, мг/$дм^3$	Сухий залишок, мг/$дм^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2021 рік										
Кількість досліджень	78	78	78	78	50	52	52	44	42	44
Середнє та похибка	7,51 ± 1,94	–	–	–	0 ± 0	0,14± 0,08	0,5 ± 0	7,31± 0,11	2,3 ± 0,49	241,82± 24,22
Виявлено позитивних	2	5	0	2	0	0	0	2	2	0
%	2,56	6,41	0	2,56	0	0	0	4,55	4,76	0
2022 рік										
Кількість досліджень	10	10	10	10	3	3	3	3	3	3
Середнє та похибка	7,3 ± 3,41	–	–	–	0 ± 0*	1,9± 1,19*	0,5 ± 0*	6,99± 0,34*	14,30± 13,26*	2093,33± 1713,42*
Виявлено позитивних	0	2	0	1	0	0	0	1	1	1
%	0	20,0	0	10,0	0	0	0	33,33	33,33	33,33

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2023рік										
Кількість досліджень	71	71	71	71	37	37	37	38	16	36
Середнє та похибка	14,15 ± 3,94*	–	–	–	0,16± 0,07*	2,4± 1,12*	0,7± 0,12*	6,88± 0,11*	1,99 ± 0,56	339,17± 94,92*
Виявлено позитивних	5	10	0	4	0	3	3	12	0	5
%	7,04	14,08	0	5,63	0	8,11	8,11	31,58	0	13,89
2024 рік										
Кількість досліджень	121	121	121	121	70	70	70	74	57	64
Середнє та похибка	91,11 ± 14,73	–	–	–	0,07± 0,06*	2,3± 0,70*	0,85± 0,12*	7,04± 0,05	3,76± 0,57*	451,44± 76,64*
Виявлено позитивних	39	20	0	6	1	2	8	4	10	13
%	32,23	16,53	0	4,96	1,43	2,86	11,43	5,41	17,54	20,31
2025 рік										
Кількість досліджень	332	332	332	332	74	74	74	66	62	57
Середнє та похибка	19,54 ± 4,01	–	–	–	0,08± 0,05*	1,89± 0,57	0,81± 0,17	6,76± 0,12	3,90± 0,77	489,0± 77,06
Виявлено позитивних	23	29	8	9	0	1	7	23	13	12
%	6,93	8,73	2,41	2,71	0	1,35	9,46	34,85	20,97	21,05

Продовження таблиці 3.3

Показники	Хімічні показники											
	Сульфати, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3	Кальцій, мг/дм^3	Магній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Фтор, мг/дм^3	Йод, мг/дм^3	Марганець, мг/дм^3	Мідь, мг/дм^3	Цинк, мг/дм^3	Алюміній, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2021 рік												
Кількість досліджень	8	24	5	5	15	4	0	0	1	1	1	0
Середнє та похибка	17,03± 7,18	18,30± 10,66	21,21± 10,72	18,49± 11,32	0,05± 0,001	0,17± 0,09	–	–	0,003 ± 0	0,01 ± 0	0,02 ± 0	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0
Середнє та похибка	158,13± 144,94*	376,00± 183,30*	141,67± 129,28*	87,78± 82,62*	0,08± 0,03*	0,08± 0,04*	–	–	–	–	0,02 ± 0*	–
Виявлено позитивних	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
%	33,33	33,333	33,33	33,33								

Продовження таблиці 3.3

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2023рік												
Кількість досліджень	8	13	6	6	36	5	0	6	6	2	12	6
Середнє та похибка	29,18± 14,16*	39,66± 15,05*	16,03± 9,21*	10,53± 4,56*	0,06± 0,01	0,13± 0,05*	–	0,04± 0,01*	0,004± 0,002*	0,23± 0,22*	0,02± 0,01*	0,01± 0*
Виявлено позитивних	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
%	0	0	0	0	2,78	0	0	16,67	0	0	0	0
2024 рік												
Кількість досліджень	8	8	1	1	68	7	0	51	1	1	5	1
Середнє та похибка	98,12± 61,41*	154,35± 74,24*	8,0 ± 0*	2,4 ± 0*	0,14± 0,03*	0,26± 0,16*	–	0,01± 0,002*	0,006± 0*	0,04± 0*	0,03± 0,01*	0,01± 0*
Виявлено позитивних	2	2	0	0	8	0	0	1	0	0	0	0
%	25,0	25,0	0	0	11,76	0	0	1,96	0	0	0	0
2025 рік												
Кількість досліджень	51	52	1	1	60	50	0	7	3	3	51	2
Середнє та похибка	75,94± 16,87	53,47± 10,11	8,9 ± 0	6,1 ± 0*	0,13± 0,05	0,18± 0,04	–	0,01± 0,003	0,006± 0,006*	0,006± 0,001	0,02± 0,002	0,01± 0*
Виявлено позитивних	7	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
%	13,73	3,85	0	0	6,67	0	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.3

Показники	Хімічні показники											
	Хром, мг/дм^3	Кадмій, мг/дм^3	Феноли, мг/дм^3	Нафтопродукти, мг/дм^3	Азот аміаку, мг/дм^3	Азот нітритів, мг/дм^3	Азот нітратів, мг/дм^3	Натрій, мг/дм^3	Розчинений кисень, мг/дм^3	БСК–5, мгO$_2$/дм^3	БСК–20, мгO$_2$/дм^3	ХСК, мгO$_2$/дм^3
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2021 рік												
Кількість досліджень	0	2	0	0	46	46	44	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,02± 0,02	–	–	0,05 ± 0,002	0,03 ± 0,02	0,62 ± 0,37	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	2,17	0	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	–	–	–	0,04 ± 0*	0,04 ± 0,04*	14,16 ± 13,57*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	33,33	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.3

1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2023рік												
Кількість досліджень	4	6	0	0	35	35	37	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	0,001± 0*	0,0002± 0*	–	–	0,12 ± 0,02*	0,63 ± 0,40*	0,79 ± 0,32*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	8,57	0	0	0	0	0	0
2024 рік												
Кількість досліджень	0	1	0	0	64	15	64	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,0002± 0*	–	–	0,11 ± 0,01	0,02 ± 0,001*	1,81 ± 0,31	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2025 рік												
Кількість досліджень	0	3	0	0	69	65	71	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,0002± 0*	–	–	0,12 ± 0,01	0,03 ± 0,01	13,56 ± 3,47	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	1,54	12,68	0	0	0	0	0

Примітки:

1. «*» − показник статистично значимо відрізняється від даних попереднього року дослідження ($p \leq 0,05$);

2. « – » – дослідження не проводились.

У 2021 році досліджувана доочищена вода водопровідна загалом відповідала нормам ДСанПіНу, за вийнятком 5% зразків. За бактеріологічними показниками перевищення нормативних значень ЗМЧ зафіксовано у 2,56% зразків (7,51±1,94). Загальні колі-форми виявлено у 6,41 % проб, а ентерококи – у 2,56% зразків. Невідповідність за хімічними показниками спостерігалась за pH – 4,55% (7,31±0,11), загальна жорсткість – 4,76% (2,3±0,49) та азот нітритів у 2,17% (0,03±0,02) зразків.

Концентрація деяких хімічних елементів за досліджуваний період була занадто низька та перебувала на межі чутливості методу, то отримані результати вважаються статистично не значущими.

За 2022 року було проведено незначна кількість досліджень. Відбувся перехід на водопостачання з Бузького лиману, що суттєво вплинуло на якість доочищеної води. Статистично значуще зросли показники: загальна жорсткості (14,30±13,26), сухий залишок (2093,33±1713,42), сульфати (158,13±144,94), хлориди (154,35±183,30), азот нітратів – (14,16±13,57) у 2022 році порівняно з 2021 роком, що підтверджує зміну джерела води на більш солоне.

Показники, що зросли в 2022 році, статистично значуще знизились у 2023 році. За бактеріологічними показниками невідповідність нормам зафіксовано у 7,04% (14,15±3,94) зразків, а також у 14,08 % зразків за загальними коліформами, що свідчить на значну бактеріологічну загрозу.

У досліджуваних зразках спостерігалося перевищення норми по наступним показникам: кольоровість – 8,11% (2,4±1,12), мутність – 8,11% (0,7±0,12), pH – 31,58% (6,88±0,11), сухий залишок – 13,89% (339,17±94,92), азот нітратів – 0% (0,79±0,32), що, ймовірно, відображає ефект розведення солоної води Бузького лиману великими обсягами прісної паводкової води.

Незважаючи на ефект розведення, деякі показники, пов’язані з органічним забрудненням та продуктами очищення статистично значуще зросли: азот аміаку 0% (0,12±0,02), азот нітритів – 8,57% (0,63±0,4).

За 2024–2025 роки за бактеріологічними показниками невідповідність нормам за ЗМЧ становила у 32,23% (91,11±14,73) зразків. У пробах також ідентифіковано ентерококи, E.coli та бактерії групи кишкової палички. У досліджуваних зразках спостерігалося подальше збільшення концентрації хімічних елементів у переважній більшості показників: мутність – 11,43% (0,85±0,12), pH – 31,58% (6,88±0,11), загальна жорсткість – 0% (1,99±0,56), сухий залишок –13,89% (339,17±94,92), сульфати – 0% (29,18±14,16), хлориди – 0% (39,66±15,05), загальне залізо – 11,76% (0,14±0,03), азот нітратів – 12,68% (13,56±3,47).

Вміст великої кількості сульфатів несприятливо впливає на шлункову секрецію, що призводить до порушення процесів перетравлення і всмоктування їжі. Сульфати погано всмоктуються з кишківника людини, вони повільно проникають через клітинні мембрани і швидко виводяться через нирки, а при першому споживанні у концентрації понад 100 мг/дм^3 діє як проносне.

Вода, забруднена нітратами, надзвичайно небезпечна для дитячого організму, особливо для немовлят у перші місяці життя. Підвищений ризик розвитку водно-нітратної метгемоглобінемії у дітей пов’язаний з незрілістю ферментних систем організму та недосконалістю біохімічних процесів організму.

Відхилення бактеріологічних та хімічних показників від норми несуть негативний вплив на організм: токсичні речовини послаблюють бар’єрні та детоксикаційні функції організму, роблячи його більш вразливим до інфекцій, тоді як патогенні мікроорганізми спричиняють запалення, що полегшує проникнення токсинів у кров. Це може призвести до частих інтоксикацій, загострення хронічних захворювань, порушення роботи печінки, нирок та

імунної системи, що робить довготривале використання такої води особливо небезпечним.

Ентерокок, яким контамінована питна вода може викликати різні інфекційні захворювання, зокрема шлунково-кишкові інфекції з діареєю, нудотою та блювотою. Він також може спричиняти запалення сечовивідних шляхів, сепсису та інших ускладнень, які особливо небезпечні для дітей, літніх людей та осіб з ослабленим імунітетом. В окремих випадках, особливо у дітей, це може призвести до гострої ниркової недостатності через руйнування червоних кров'яних тілець, що є небезпечним для життя.

Присутність коліформних бактерій у питній воді завжди свідчить про фекальне забруднення і потенційну наявність інших патогенних мікроорганізмів – бактерій, вірусів та найпростіших, які можуть спричиняти ще більш небезпечні інфекції (наприклад, холеру, гепатит А).

В таблиці 3.4 та графічно у Додатку Б представлена динаміка якості водопровідної води доочищеної за % зразків, що перевищують норму.

Таблиця 3.4 – Динаміка якості водопровідної води доочищеної за % зразків, що перевищують норму, 2021–2025рр.

Рік	Бактеріологічні показники			Хімічні показники				
	ЗМЧ	Загальні коліформи	Ентерокок	Загальна жорсткість	Хлориди	Сухий залишок	Азот нітритів	Азот нітратів
2021	2,56	6,41	2,56	4,76	0	0	2,17	0
2022	0	20,0	10,0	33,33	33,33	33,33	33,33	0
2023	7,04	14,08	5,36	0	0	13,89	8,57	0
2024	32,23	16,53	4,96	17,54	25	20,31	0	0
2025	6,93	8,47	2,71	20,97	13,73	21,05	1,50	12,68

У 2021 році невідповідність доочищеної води водопровідної була мінімальною. Починаючи з 2022 року, коли якість водопровідної води різко погіршилася через подачу технічної води та наслідки підриву Каховської ГЕС, ефективність доочищення суттєво знизилася, а невідповідність нормам набула систематичного характеру. Рівень бактеріального забруднення в 2024 році став найвищим, що свідчить про вторинне забруднення через накопичення мікроорганізмів в системах фільтрації.

Отже, підсумовуючи результати бактеріологічні показники продемонстрували поступове погіршення санітарно-бактеріологічного стану води. Найімовірніше, це наслідок зниження ефективності дезінфекції (хлорування, УФ-обробки) або повторного бактеріального забруднення в мережі. У період 2022–2025 рр. хімічні показники характеризуються нестабільністю основних солевих та кислотно-лучних показників. Ймовірна причина – зміни у складі вихідної води або зниження ефективності фільтраційних систем. В свою чергу На нашу думку необхідно провести ревізію стану фільтраційних систем та знезараження, перевірити вторинне забруднення у розподільчій мережі, збільшити частоту лабораторного моніторингу (особливо в літній період) та оптимізувати дозування реагентів (коагулянти, сорбенти, дезінфектанти).

3.3 Бактеріологічні та хімічні показники води із свердловин

Основним джерелом питного водопостачання міста Миколаїв за умов воєнного стану були і поки залишаються свердловини, які знаходяться на території приватного сектору, деяких підприємств і установ. Результати дослідження зразків води із свердловин, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 рр. в динаміці, представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати бактеріологічного та хімічного аналізу зразків води із свердловин, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 р.р.

Показники	Бактеріологічні показники				Хімічні показники					
	ЗМЧ, КУО/ в 1см^3	Загальні коліформи	*E.coli* КУО/ 100 см$^{-3}$	Ентерококи КУО/ 100 см$^{-}$	Запах при 20° – 60° С (у балах)	Кольро– вість, °	Мутність, мг/дм^3	pH	Загальна жорсткість, мг/дм^3	Сухий залишок, мг/дм^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2021 рік										
Кількість досліджень	216	216	216	216	136	137	138	139	137	138
Середнє та похибка	14,69 ± 1,19	–	–	–	0,29 ± 0,07	2,55 ± 0,28	1,79 ± 0,64	7,67 ± 0,05	12,82 ± 0,72	1535,75 ± 87,42
Виявлено позитивних	17	107	14	47	7	0	23	8	102	101
%	7,87	49,54	6,48	21,76	5,15	0	16,67	5,76	74,45	73,19
Кількість досліджень	53	53	53	53	136	137	138	139	137	138
Середнє та похибка	39,22 ± 10,74	–	–	–	0,29 ± 0,07	2,55 ± 0,28	1,79 ± 0,64	7,67 ± 0,05	12,82 ± 0,72	1535,75 ± 87,42
Виявлено позитивних	30	1	14	0	7	0	23	8	102	101
%	56,60	1,89	26,42	0	5,15	0	16,67	5,76	74,45	73,19

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2023рік										
Кількість досліджень	433	433	433	433	401	402	401	398	398	398
Середнє та похибка	106,30 ± 9,44	–	–	–	0,16 ± 0,03	1,40 ± 0,17	0,72 ± 0,06	6,76 ± 0,04*	7,33 ± 0,60	996,71 ± 76,64*
Виявлено позитивних	154	115	28	37	9	5	31	181,00	112	108
%	35,57	26,56	6,47	8,55	2,24	1,24	7,73	45,48	28,14	27,14
2024 рік										
Кількість досліджень	448	448	448	448	361	360	361	223	221	218
Середнє та похибка	40,17 ± 4,13	–	–	–	0,25± 0,05	1,60± 0,19	1,03± 0,10	7,46± 0,04	13,43± 0,71	1731,0± 89,17
Виявлено позитивних	93	126	15	32	16	4	43	26,00	161	150
%	20,76	28,13	3,35	7,14	4,43	1,111	11,91	11,82	72,85	68,81
2025 рік										
Кількість досліджень	608	608	608	608	369	369	369	305	294	301
Середнє та похибка	25,55 ± 2,37	–	–	–	0,08± 0,02	1,65± 0, 18	1,10± 0,16	7,34± 0,06	5,73± 0,37	843,85± 72,40
Виявлено позитивних	124	12	101	0	3	2	30	46,00	89	89
%	20,26	1,96	16,50	0	0,81	0,54	8,13	15,1	30,27	29,57

Продовження таблиці 3.5

Показники	Хімічні показники											
	Сульфати, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3	Кальцій, мг/дм^3	Магній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Фтор, мг/дм^3	Йод, мг/дм^3	Марганець, мг/дм^3	Мідь, мг/дм^3	Цинк, мг/дм^3	Алюміній, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2021 рік												
Кількість досліджень	137	136	89	89	133	48	0	2	1	1	0	0
Середнє та похибка	313,95 ± 24,49	416,85 ± 26,08	77,74 ± 7,71	84,7 ± 7,45	0,13± 0,02	0,54± 0,22	–	0,02± 0,01	0,01± 0*	0,28± 0	–	–
Виявлено позитивних	68	96	2	41	20	1	0	0	0	0	0	0
%	49,64	70,59	2,25	46,07	15,04	2,08	0	0	0	0	0	0
Кількість досліджень	42	42	40	40	42	41	0	1	1	1	41	1
Середнє та похибка	370,57 ± 43,79*	575,16 ± 102,97*	120,93 ± 17,62*	99,29 ± 18,37	0,35± 0,09*	0,23± 0,03	–	0,01± 0*	0,01± 0*	0,03 ± 0*	0,02± 0,0001*	0,01± 0,001 *
Виявлено позитивних	26	28	16	16	15	0	0	0	0	0	0	0
%	61,90	66,67	40,00	40,00	35,71	0	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.5

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2023рік												
Кількість досліджень	398	398	121	122	398	397	1	18	18	18	387	21
Середнє та похибка	252,81± 25,87*	247,51± 18,77*	139,37 ± 11,78*	127,05 ± 9,61	0,07± 0,01*	0,19± 0,01*	0,01 ±0*	0,01± 0,01*	0,01± 0,005*	0,02± 0,01*	0,02± 0,0001*	0,02± 0,01
Виявлено позитивних	91	110	53	68	15	1	0	1	0	0	0	3
%	22,86	27,64	43,80	55,74	3,77	0,25	0	5,56	0	0	0	14,29
Кількість досліджень	208	213	37	37	217	208	0	20	17	17	122	17
Середнє та похибка	376,30± 31,75	577,89± 48,05	91,11± 13,31*	84,81 ± 9,13	0,19± 0,03*	0,82± 0,41	–	0,003± 0,001*	0,002± 0,001*	0,01± 0,01*	0,02± 0,0001*	0,01± 0,001*
Виявлено позитивних	107	159	5	23	38	3	0	0	0	0	0	0
%	51,44	74,65	13,51	62,16	17,51	1,44	0	0	0	0	0	0
Кількість досліджень	295	295	5	5	295	269	0	7	3	3	237	3
Середнє та похибка	130,33± 12,10*	482,80± 331,93*	108,66± 21,90*	120,36± 42,63	0,15± 0,03	0,27± 0,03	–	0,02± 0,01*	0,02± 0*	0,02± 0*	0,02± 0,0001	0,01± 0*
Виявлено позитивних	42	57	2	2	33	1	0	2	0	0	0	0
%	14,24	19,32	40,00	40,00	11,19	0,37	0	28,57	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.5

Показники	Хімічні показники											
	Хром, мг/дм^3	Кадмій, мг/дм^3	Феноли, мг/дм^3	Нафтопродукти, мг/дм^3	Азот аміаку, мг/дм^3	Азот нітритів, мг/дм^3	Азот нітратів, мг/дм^3	Натрій, мг/дм^3	Розчинений кисень, мг/дм^3	БСК–5, мгO$_2$/дм^3	БСК–20, мгO$_2$/дм^3	ХСК, мгO$_2$/дм^3
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2021 рік												
Кількість досліджень	1	75	0	0	138	138	137	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	0,04 ± 0	0,49± 0,03	–	–	0,07 ± 0,01	0,01± 0,002	10,66 ± 1,50	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	75	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0
%	0	100	0	0	0	0,72	2,19	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	0	0	0	0	42	42	42	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	–	–	–	0,05 ± 0,003*	0,05 ± 0,01	69,08 ± 10,20	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	7	18	0	0	0	0	0	9
%	0	0	0	0	16,67	42,86	0	0	0	0	0	16,98

Продовження таблиці 3.5

1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2023рік												
Кількість досліджень	0	18	0	0	398	398	398	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,0002± 0,0001*	–	–	0,12 ± 0,005	0,03 ± 0,004*	31,20 ± 3,22*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	10	61	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	2,51	15,33	0	0	0	0	0
2024 рік												
Кількість досліджень	0	17	0	0	215	210	222	0	2	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,0002± 0*	–	–	0,13 ± 0,01	0,02 ± 0,001	32,53 ± 5,30	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	1	2	28	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0,47	0,95	12,61	0	0	0	0	0
2025 рік												
Кількість досліджень	3	0	0	0	304	299	298	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	0,01± 0*	–	–	–	0,15 ± 0,03	0,02 ± 0,0004	11,67 ± 2,21*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	2	0	16	0	0	0	0	0	91
%	0	0	0	0,66	0	5,37	0	0	0	0	0	14,87

Примітки:

1. «*» − показник статистично значимо відрізняється від даних попереднього року дослідження (p≤0,05);

2. «–» – дослідження не проводились.

У досліджуваних зразках води із свердловин за 2021році по бактеріологічним показникам не відповідає нормам 49,54 % зразків по загальним коліформам, ЗМЧ – 7,87% (14,69±1,19), ентерококи 21,76% та E.coli 6,48%. За хімічними показниками перевищувала норму: запах – 5,15% (0,29±0,07), мутність – 16,67%(1,79±0,64), pH – 5,76% (7,67±0,05), загальна жорсткість – 74,45%(12,82±0,72), сухий залишок –73,19% (1535,75±87,42), сульфати – 49,64% (313,95±24,49), хлориди – 70,59% (416,85±26,08), магній – 46,07% (84,7±7,45), загальне залізо – 15,04% (0,13±0,02), фтор – 2,08% (0,54±0,22), кадмій – 100% (0,49±0,03), азот нітратів – 2,19% (10,66±1,5).

Підвищена загальна жорсткість вживаної води призводить до накопичення солей в організмі, що веде, до захворювань суглобів (артрити, поліартрити), до утворення каменів у нирках, жовчному і сечовому міхурах. Споживання води з перевищеним вмістом кадмію може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям, оскільки кадмій є токсичним важким металом, що накопичується в організмі та шкодить ниркам і печінці. Можливі наслідки включають: ниркову та легеневу недостатність, патології серцево-судинної системи, підвищення артеріального тиску, а також онкологічні захворювання.

У 2022 році спостерігалося статистично значуще зростання мінералізації, що може бути пов'язане з порушенням гідродинамічного режиму через інтенсивний відбір води: сухий залишок – 83,33% (2750,64±309,66), сульфати – 61,90% (370,57±43,79), хлориди – 66,67% (575,16±102,97).

У подальші роки кількість досліджуваних проб збільшилось в 3 рази порівняно з 2021 роком. За 2023 рік зменшились концентрації по таким показникам: загальна жорсткість – 28,14% (7,33±0,6), сухий залишок – 27,14%

(996,71±76,64), сульфати – 22,86% (252,81±25,87), хлориди – 27,64% (247,51±18,77), азот нітратів – 15,33% (31,20±3,22), загальне залізо – 3,77% (0,07±0,01). Кадмій не перевищує норму, на відмінну від 2021 року (у 100% зразків). Хлориди погіршують смак води і в зв'язку з цим обмежується водоспоживання, що викликає пригнічення шлункової секреції. Підвищений рівень хлоридів у крові призводить до зниження діурезу.

Натомість збільшилась кількість зразків з наявними ЗМЧ – 35,57% (106,30±9,44) та ентерококи у 8,55% зразків. Такі показники несуть негативний вплив на організм людини, викликаючи інфекції шлунково-кишкового тракту. Це проявляється діареєю, блюванням, болем у животі, підвищенням температури та ризиком зневоднення, а тривале вживання такої води може призвести до хронічних запальних процесів у кишечнику.

У 2024 роках спостерігалося відновлення високого рівня бактеріального забруднення (ЗМЧ – 20,76%, загальні колі-форми – 28,13% та ентерококи – 7,14%) та мінералізації (сухий залишок – 1731,0±89,17, хлориди – 577,89±48,05). В таблиці 3.6 та графічно у Додатку В представлена динаміка якості води із свердловин за % зразків, що перевищують норму, 2021–2025рр.

Таблиця 3.6 – Динаміка якості води із свердловин за % зразків, що перевищують норму, 2021–2025рр.

Рік	Бактеріологічні показники			Хімічні показники			
	ЗМЧ	Загальні коліформи	Ентеро-кок	Сухий залишок	Хло-риди	Азот нітритів	Азот нітратів
2021	7,87	49,54	21,76	73,19	70,59	0,72	2,19
2022	56,6	1,89	0	83,33	66,67	42,86	0
2023	35,57	26,56	8,55	27,14	27,64	2,51	15,33
2024	20,76	28,13	7,14	68,81	74,65	0,95	12,61
2025	20,26	1,95	0	29,57	19,32	5,37	0

Для води із свердловин не встановлено статистично значущого зростання азоту нітритів та азоту нітратів. Навпаки, спостерігається зниження середніх концентрацій показників у 2023 році порівняно з 2022 роком. Це свідчить про те, що свердловинні водоносні горизонти, ймовірно, не зазнали прямого або значного забруднення біогенними елементами від паводкових вод після підриву ГЕС, на відміну від поверхневих вод.

У зв'язку з потребами населення збільшилась кількість свердловин. Це відбувалось централізовано і під наглядом відповідних органів, про що свідчить загальне покращення якості води по хімічним показникам. Але присутність мікроорганізмів, зокрема патогенних, свідчить про недотримання санітарних норм при бурінні та експлуатації свердловин, або потрапляння стічних вод до підземних джерел.

На нашу думку, вода із свердловини потребує доочищення перед подачею населенню. Необхідно посилити контроль за вмістом солей, заліза, сульфатів і хлоридів. Вбачаємо доцільним встановити додаткові етапи знезалізнення та знезараження (сорбційна або мембранна очистка). Бактеріологічний контро слід проводити щонайменше щомісяця, особливо в теплий період року.

3.4 Бактеріологічні та хімічні показники води із свердловини доочищеної

Для забезпечення населення міста якісною питною водою в пунктах розливу встановлювали додаткове фільтраційне устаткування для доочищення води із свердловин. Результати дослідження зразків води із свердловин доочищених, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 рр. в динаміці, представлені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати бактеріологічного та хімічного аналізу зразків води із свердловини доочищеної, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 рр.

Показники	Бактеріологічні показники				Хімічні показники					
	ЗМЧ, КУО/ в 1см^3	Загальні колі-форми	*E.coli* КУО/ 100 см$^{-3}$	Ентерококи КУО/ 100 см$^{-}$	Запах при 20° – 60° С (у балах)	Кольро-вість, °	Мутність, мг/дм^3	pH	Загальна жорсткість, мг/дм^3	Сухий залишок, мг/дм^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2021 рік										
Кількість досліджень	40	40	40	40	34	34	35	35	27	35
Середнє та похибка	9,93 ± 4,65	–	–	–	0 ± 0	4,12 ± 1,10	0,61 ± 0,04	7,40 ± 0,13	1,89 ± 0,75	443,03 ± 108,81
Виявлено позитивних	1	7	2	2	0	0	0	2	2	0
%	2,5	17,5	5	5	0	0	0	4,55	4,76	0
Кількість досліджень	34	34	34	34	19	19	19	19	19	19
Середнє та похибка	15,82 ± 4,95	–	–	–	0 ± 0	3,18 ± 1,19	0,5 ± 0*	6,98 ± 0,20	3,84 ± 1,48	641,26 ± 182,04
Виявлено позитивних	4	12	1	2	0	0	0	9	3	4
%	11,76	35,29	2,94	5,88	0	0	0	47,37	15,79	21,05

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2023рік										
Кількість досліджень	135	135	135	135	103	103	103	102	97	102
Середнє та похибка	31,96± 8,89	–	–	–	0 ± 0*	0,79 ± 0,30*	0,72 ± 0,12	6,50 ± 0,07	1,64 ± 0,42	320,04 ± 66,06*
Виявлено позитивних	16	18	1	8	0	0	0	57	7	9
%	11,85	13,33	0,74	5,93	0	0	0	55,88	7,22	8,82
2024 рік										
Кількість досліджень	129	129	129	129	82	82	82	81	79	76
Середнє та похибка	65,35± 9,42	–	–	–	0,06 ± 0,04	0,79 ± 0,24*	0,62 ± 0,05	6,84 ± 0,12	3,70 ± 0,78	572,12 ± 109,60*
Виявлено позитивних	46	32	2	6	1	0	5	44	14	16
%	35,66	24,81	1,55	4,65	1,22	0	6,10	54,32	17,72	21,05
2025 рік										
Кількість досліджень	136	136	136	136	91	91	91	86	84	86
Середнє та похибка	35,13 ± 7,67	–	–	–	0,08 ± 0,04	0,83 ± 0,32*	0,75 ± 0,17	7,04 ± 0,10	3,0 ± 0,69	479,52 ± 96,17
Виявлено позитивних	19	33	3	13	0	1	7	0	9	9
%	13,97	24,26	2,21	9,56	0	1,10	7,69	0	10,71	10,47

Продовження таблиці 3.7

Показники	Хімічні показники											
	Сульфати, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3	Кальцій, мг/дм^3	Магній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Фтор, мг/дм^3	Йод, мг/дм^3	Марганець, мг/дм^3	Мідь, мг/дм^3	Цинк, мг/дм^3	Алюміній, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2021 рік												
Кількість досліджень	26	26	24	24	32	14	0	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	90,07 ± 34,34	149,34 ± 46,17	13,82 ± 4,78	16,18 ± 7,54	0,10 ± 0,02	0,13 ± 0,06	–	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	18,75	0	0	0	0	0	0	0
Кількість досліджень	19	19	18	18	19	17	0	2	1	0	18	0
Середнє та похибка	63,64 ± 32,83*	185,57 ± 63,78	5,51 ± 2,24*	7,68 ± 2,39	0,08 ± 0,03*	0,06 ± 0,02*	–	0,03 ± 0,003*	0,01 ± 0*	–	0,02 ± 0,0001*	–
Виявлено позитивних	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
%	5,26	21,05	0	0	5,26	0	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.7

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2023рік												
Кількість досліджень	95	97	79	79	102	92	0	2	2	89	1	0
Середнє та похибка	49,28 ± 12,32*	86,36 ± 19,17*	15,99 ± 4,53*	13,33 ± 3,85	0,06 ± 0,01*	0,47 ± 0,41*	–	0,01 ± 0,01*	0,002 ± 0*	0,01 ± 0,002	0,01± 0	–
Виявлено позитивних	7	7	4	5	2	1	0	0	0	0	0	0
%	7,37	7,22	5,06	6,33	1,96	1,09	0	0	0	0	0	0
Кількість досліджень	73	78	9	7	76	67	0	5	8	8	48	9
Середнє та похибка	118,13 ± 35,54*	162,23 ± 28,04	27,31 ± 10,82*	65,51 ± 29,69	0,06 ± 0,01*	0,13 ± 0,03	–	0,003 ± 0,001	0,01 ± 0,01*	0,02 ± 0,01*	0,02 ± 0,0002	0,01 ± 0*
Виявлено позитивних	15	17	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
%	20,55	21,79	0	42,86	1,32	0	0	0	0	0	0	0
Кількість досліджень	84	85	2	2	84	77	0	0	0	1	72	1
Середнє та похибка	114,65 ± 39,37*	86,38 ± 15,0	10,50 ± 1,90	2,58 ± 0,38	0,07 ± 0,01*	0,18 ± 0,06	–	–	–	0,002 ± 0*	0,02 ± 0,0001	0,01 ± 0*
Виявлено позитивних	8	6	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0
%	9,52	7,06	0	0	5,95	1,30	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.7

Показники	Хімічні показники											
	Хром, мг/дм^3	Кадмій, мг/дм^3	Феноли, мг/дм^3	Нафтопродукти, мг/дм^3	Азот аміаку, мг/дм^3	Азот нітритів, мг/дм^3	Азот нітратів, мг/дм^3	Натрій, мг/дм^3	Розчинений кисень, мг/дм^3	БСК–5, мгO$_2$/дм^3	БСК–20, мгO$_2$/дм^3	ХСК, мгO$_2$/дм^3
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2021 рік												
Кількість досліджень	0	8	0	0	35	35	27	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,15 ± 0,09	–	–	0,05 ± 0,0003	0,005 ± 0,001	2,35 ± 0,63	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	0	1	0	0	19	19	19	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,002 ± 0*	–	–	0,05 ± 0,0001	0,008 ± 0,003	27,24 ± 8,76*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	0	10,53	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.7

1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2023рік												
Кількість досліджень	0	0	0	0	100	99	99	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	–	–	–	0,02± 0,0001	0,12± 0,03*	21,34± 2,81*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0		1	1	12	0	0	0	0	0
%	0	0	0		1,0	1,01	12,12	0	0	0	0	0
2024 рік												
Кількість досліджень	0	9	0	0	75	75	79	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	–	0,0002± 0,0001*	–	–	0,13± 0,02*	0,49± 0,47*	25,53± 7,47	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	1	2	11	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	1,33	2,67	13,92	0	0	0	0	0
2025 рік												
Кількість досліджень	1	0	0	0	81	82	83	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	0,0005 ± 0*	–	–	–	0,10 ± 0,001*	0,07± 0,04	26,08± 6,81*	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	3	11	0	0	0	0	0
%	0	0	0	0	0	3,66	13,25	0	0	0	0	0

Примітки:

1. *– показник статистично значимо відрізняється від даних попереднього року дослідження (p≤0,05);

2. – дослідження не проводились.

У 2021 році спостерігалось перевищення норми у таких показниках: ЗМЧ – 2,5% (9,93±4,65), 17,5 % зразків за зальними коліформами, по 5,0% ентерокок та *E.coli,* pH – 4,55% (7,4±0,13), загальна жорсткість – 4,76% (1,89±0,75), загальне залізо – 18,75% (0,1±0,02), кадмій – 100% (0,15±0,09).

Споживання води з надмірним вмістом заліза може призвести до інтоксикації організму та порушення роботи внутрішніх органів, зокрема печінки, серця і нирок. Це також спричиняє окислювальному стресу, порушення обмінних процесів та може викликати алергічні реакції.

Кількість проб в 2022 році не значно відрізняється, але є показники, що не відповідають нормі: ЗМЧ – 11,76% (15,82±4,95), 35,29 % зразків з загальними коліформами, 5,88% ентерококи, pH – 47,37% (6,98±0,2), загальна жорсткість – 15,79% (3,84±1,48), сухий залишок –21,05% (641,26±182,04), сульфати – 5,26% (63,64±32,83), хлориди – 21,05% (185,57±63,78), азот нітратів – 10,53% (27,24±8,76).

Починаючи з 2023 року, спостерігалося збільшення кількості проведених досліджень в 3 раз у порівнянні з довоєнним часом. В 2024 році неякісних зразків води із свердловин доочищених зросла за наступними показниками: ЗМЧ – 3,66% (65,35±9,42), 24,81 % зразків по загальним коліформам, 4,65% ентерококи та *E.coli* 1,55%, запах – 1,22% (0,06±0,04), мутність – 6,1% (0,62±0,05), pH – 54,32% (6,84±0,12), загальна жорсткість – 17,72% (3,7±0,78), сухий залишок – 21,05% (572,12±109,60), сульфати – 20,55% (118,13±35,54), хлориди – 21,79% (162,23 ± 28,04), магній – 42,86% (65,51±29,69) азот аміаку – 1,33% (0,13±0,02), азот нітритів – 2,67% (0,49±0,47), азот нітратів –.13,92% (25,53±7,47).

Вода з підвищеним вмістом сухого залишку непридатна для пиття, так як її вживання призводить до несприятливих фізіологічних змін в організмі:

порушується відчуття тамування спраги, змінює водно-сольовий обмін за рахунок збільшення гідрофільності тканин, посилює моторну і секреторну функцію шлунка і кишківника.

Споживання води з перевищеним вмістом аміаку може призвести до хронічного ацидозу та змін у тканинах організму, проблем з нервовою та репродуктивною системою, а також призвести до захворювань печінки, нирок і легень. Високі концентрації аміаку можуть викликати хронічну інтоксикацію, підвищувати артеріальний тиск і знижувати вміст кальцію в організмі.

За 2025 рік ми спостерігалось зменшення зразків, що перевищують норми за наступними показниками: ЗМЧ – 13,97% (35,13±7,67), 24,26% зразків з загальними колі-формами. Зросла кількість проб води з наявними ентерококами у 9,56% зразків та E.coli у 2,21% зразків. По хімічним показникам також відбулося зниження концентрацій: pH – 0% (7,04±0,10), загальна жорсткість – 10,71%(3,0±0,69), сухий залишок – 10,47% (479,52±96,17), сульфати – 9,52% (114,65±39,37), хлориди – 7,06% (86,38±15,0), магній – 0% (2,58±0,38) азот аміаку – 0% (0,1±0,001), азот нітратів – 13,25% (26,08±6,81).

Варто зазначити, що токсичність вищезазначених компонентів не така велика, щоб викликати гостре отруєння, але при тривалому споживанні води, що містить згадані хімічні речовини в концентраціях вище нормативних, може призвести до хронічної інтоксикації, яка веде до патологій.

Такі відхилення від норми несуть ризики для здоров’я людини. Токсичні речовини можуть знижувати опірність організму, а інфекції – полегшувати проникнення шкідливих хімічних сполук у кров. Така вода здатна спричиняти часті інтоксикації, ослаблення імунітету та загострення хронічних захворювань, що робить її небезпечною для тривалого споживання. Додатково, результати бактеріологічних та хімічних показників води із свердловини доочищеної у м. Миколаїв та Миколаївського районі за 2021–2025 рр., представлено графічно у Додатку Г та в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Динаміка якості доочищеної води із свердловин за % зразків, що перевищують норму, 2021–2025 р.р.

Рік	Бактеріологічні показники			Хімічні показники			
	ЗМЧ	Загальні колі-форми	Ентеро-кок	Хлориди	Сухий залишок	Азот нітритів	Азот нітратів
2021	2,50	17,50	5,00	0	0	0	0
2022	11,76	39,29	5,88	21,05	21,05	0	10,53
2023	11,85	13,33	5,93	8,82	7,22	1,01	12,12
2024	35,66	24,81	4,65	21,05	21,79	2,67	13,92
2025	13,97	24,26	9,56	10,47	7,06	3,66	13,25

Встановлені фільтраційні системи демонструють високу ефективність в поліпшені якості води із свердловин по хімічним показникам. У 2024–2025 рр. частково знизилися показники, проте залишається високий рівень бактеріологічних відхилень.

На нашу думку необхідно вдосконалити етапи знезараження (особливо ультрафіолет та хлорування) і проводити регулярну санацію обладнання. Вбачаємо доцільним встановити моніторинг pH у реальному часі, щоб уникнути надлишкового впливу реагентів та посилити контроль за післяочисними резервуарами, де можливе вторинне мікробне забруднення.

3.5 Бактеріологічні та хімічні показники води поверхневих водойм

Результати дослідження зразків води річкової та морської в місцях відпочинку, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 р.р., представлені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати бактеріологічного та хімічного аналізу зразків води поверхневих, відібраних у м. Миколаїв та Миколаївському районі за 2021–2025 р.р.

Показники	Бактеріологічні показники				Хімічні показники					
	ЗМЧ, КУО/ в 1см^3	Індекс ЛКП, КУО/ 100 см$^{-}$	*E.coli* КУО/ 100 см$^{-3}$	Ентерококи КУО/ 100 см$^{-}$	Запах при 20° – 60° С (у балах)	Кольро–вість, °	Мутність, мг/дм^3	pH	Загальна жорсткість, мг/дм^3	Сухий залишок, мг/дм^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2021 рік										
Кількість досліджень	0	96	96	96	26	16	16	44	16	26
Середнє та похибка	–	244338 ± 94607	–	–	1,88 ± 0,20	22,25 ± 0,66	6,17 ± 0,33	8,50 ± 0,03	20,13± 0,92	7084,4 ± 467,65
Виявлено позитивних	0	59	0	0	4	14	16	21	16	26
%	0	61,46	0	0	15,38	87,5	100	47,73	100	100
Кількість досліджень	0	54	54	54	17	0	0	30	0	16
Середнє та похибка	–	40675± 22880,6	–	–	1,24 ± 0,10	–	–	8,49 ± 0,02	–	7743,9 ± 597,58
Виявлено позитивних	0	15	0	0	0	0	0	5	0	16
%	0	27,78	0	0	0	0	0	16,67	0	100

Продовження таблиці 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2023рік										
Кількість досліджень	0	77	77	77	37	0	0	77	0	37
Середнє та похибка	–	20914,0 ± 2498,87	–	–	2,74 ± 0,94	–	–	9,19 ± 0,75	–	6448,74± 290,80*
Виявлено позитивних	0	57	0	0	4	0	0	44	0	37
%	0	74,02	0	0	10,81	0	0	57,14	0	100
2024 рік										
Кількість досліджень	0	74	31	31	14	0	0	35	0	14
Середнє та похибка	–	18445,5 ±1477,6	–	–	1,71 ± 0,13	–	–	8,41 ± 0,04	–	8421,14± 1363,14
Виявлено позитивних	0	69	0	0	0	0	0	11	0	14
%	0	93,24	0	0	0	0	0	31,42	0	100
2025 рік										
Кількість досліджень	0	66	66	66	15	0	0	40	0	15
Середнє та похибка	–	1208,52 ± 536,37	–	–	3,50 ± 0,75	–	–	8,54 ± 0,07	–	5902,42± 1009,23
Виявлено позитивних	0	10	20	0	8	0	0	25	0	11
%	0	15,15	30,3	0	53,33	0	0	62,50	0	73,23

Продовження таблиці 3.9

Показники	Хімічні показники											
	Сульфати, мг/дм^3	Хлориди, мг/дм^3	Кальцій, мг/дм^3	Магній, мг/дм^3	Залізо загальне, мг/дм^3	Фтор, мг/дм^3	Йод, мг/дм^3	Марганець, мг/дм^3	Мідь, мг/дм^3	Цинк, мг/дм^3	Алюміній, мг/дм^3	Нікель, мг/дм^3
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2021 рік												
Кількість досліджень	44	44	5	5	32	0	0	6	6	6	6	0
Середнє та похибка	553,05 ± 25,03	3243,6 ± 202,87	115,0± 5,0	203,68± 3,04	0,21± 0,02	–	–	0,01± 0,001	0,01± 0*	0,01± 0,001	0,02 ± 0	–
Виявлено позитивних	44	44	0	5	13	0	0	0	0	0	0	0
%	100	100	0	100	40,63	0	0	0	0	0	0	0
2022 рік												
Кількість досліджень	30	30	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
Середнє та похибка	602,56 ±35,69	3395,3 ± 275,29	–	–	0,19 ± 0,01	–	–	–	–	–	–	–
Виявлено позитивних	30	30	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
%	100	100	0	0	28.57	0	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.9

1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2023рік												
Кількість досліджень	71	77	0	0	59	8	8	8	8	0	8	8
Середнє та похибка	572,56 ± 31,93	3234,6 ± 212,16*	–	–	1,18± 0,95*	1,32± 0,70*	0,81± 0,80*	0,80± 0,80*	0,80± 0,80*	–	0,81± 0,80*	0,81± 0,80*
Виявлено позитивних	67	77	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0
%	94,37	100	0	0	81,36	0	0	0	0	0	0	0
Кількість досліджень	35	35	0	0	35	8	8	8	8	8	8	8
Середнє та похибка	533,14 ± 54,13	3294,64 ± 473,52	–	–	0,20± 0,01	2,87± 0,83	0,003± 0,001*	0,002± 0*	0,001± 0,001*	0,02± 0*	0,03± 0,01*	0,01± 0*
Виявлено позитивних	33	35	0	0	16	5	0	0	0	0	1	0
%	94,29	100	0	0	45,71	62,50	0	0	0	0	12,5	0
Кількість досліджень	40	40	0	0	38	7	7	7	6	8	8	8
Середнє та похибка	418,11± 50,10	2588,1 ± 449,30	–	–	0,26± 0,02	1,51± 0,21	0,02± 0,01	0,002± 0,001*	0,0± 0,01*	0,02± 0*	0,004± 0*	0,01± 0*
Виявлено позитивних	36	36	0	0	32	4	0	0	0	0	0	0
%	90,0	90,0	0	0	84,21	57,14	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.9

Показники	Хімічні показники											
	Хром, мг/дм^3	Кадмій, мг/дм^3	Феноли, мг/дм^3	Нафтопродукти, мг/дм^3	Азот аміаку, мг/дм^3	Азот нітритів, мг/дм^3	Азот нітратів, мг/дм^3	Натрій, мг/дм^3	Розчинений кисень, мг/дм^3	БСК–5, мгO$_2$/дм^3	БСК–20, мгO$_2$/дм^3	ХСК, мгO$_2$/дм^3
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2021 рік												
Кількість досліджень	6	3	0	34	34	34	44	0	44	0	16	0
Середнє та похибка	0,01± 0	0,30 ± 0	–	0,14± 0,01	0,03± 0,01	39,85± 1,92	8,30± 0,17	–	10,19 ±0,65	–	11,15± 0,29	–
Виявлено позитивних	2	3	0	34	1	34	0	0	44	0	16	0
%	100	100	0	100	2,94	100	0	0	100	0	100	0
2022 рік												
Кількість досліджень	0	0	0	14	14	14	30	0	30	0	0	0
Середнє та похибка	–	–	–	0,09 ± 0,01	0,02 ± 0,005	36,08 ± 2,44	8,15 ± 0,2	–	11,96 ±0,56*	–	–	–
Виявлено позитивних	0	0	0	14	0	14	0	0	28	0	0	0
%	0	0	0	100	0	100	0	0	93,33	0	0	0

Продовження таблиці 3.9

1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2023рік												
Кількість досліджень	8	23	0	40	63	57	77	0	43	34	0	0
Середнє та похибка	0,80± 0,80*	0,92± 0,92*	–	0,31 ± 0,04	0,99± 0,96	6,68± 2,47	9,05± 0,80*	–	10,23± 0,96	17,47 ± 1,31	–	–
Виявлено позитивних	0	23	0	40	0	41	0	0	37	34	0	0
%	0	100	0	100	0	71,93	0	0	86,05	100	0	0
2024 рік												
Кількість досліджень	0	8	0	35	35	35	35	8	35	14	21	12
Середнє та похибка	–	0,002± 0,001*	–	0,005 ± 0*	0,35± 0,05	–	28,57 ± 4,60	0,29± 0,10	7,5± 0,31*	8,69± 1,41	15,86 ± 1,82	551,13± 96,86
Виявлено позитивних	0	0	0	0	0	0	13	0	33	0	21	12
%	0	0	0	0	0	0	37,14	0	94,28	0	100	100
2025 рік												
Кількість досліджень	6	2	29	40	40	40	14	31	20	13	16	2
Середнє та похибка	0,001± 0*	0,002± 0*	0,01± 0,003	0,24± 0,04	0,07 ± 0,03	11,34 ± 2,83	1469,34± 512,63	6,49± 0,81*	6,04± 0,91*	10,16± 2,43	163,13± 29,69	550,0 ±10,0*
Виявлено позитивних	0	0	0	35	0	34	5	0	15	13	16	2
%	0	0	0	87,50	0	80,50	35,71	0	75,0	100	100	100

Примітки:

1. *− показник статистично значимо відрізняється від даних попереднього року дослідження (p≤0,05);

2. − дослідження не проводились або аналіз проводився якісним методом.

Поверхневі води мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам, а це означає, що не повинно бути шкідливих речовин, які можуть негативно впливати на здоров'я людини. Основними джерелами забруднення є скиди комунальних і промислових стоків, зокрема від підприємства «Миколаївводоканал», чия система очищення не відповідає потребам міста.

У досліджуваних зразках води водойм за 2021 рік спостерігався високий індекс ЛКП у 61,46% (244338±94607) зразків, а також перевищення норми у 100% зразків за наступними показниками: мутність (6,17±0,33), загальна жорсткість (20,13±0,92), сухий залишок (7084±467,65), сульфати (553,05±25,03), хлориди (3244±202,87), магній (203,68±3,04), хром (0,01±0), кадмій (0,01±0), нафтопродукти (0,14±0,01), азот нітритів (39,85±1,92), розчинений кисень (10,19±0,65), БСК-20 (11,15±0,29).

В 2022–2024 роках спостерігалося перевищення норми на такому ж високому рівні. У порівнянні з попередніми роками в 2025 році значення показників зменшилась: індекс ЛКП 15,15% (1208,52±536,37) та виявлено наявність *E.coli* у 30,3% зразків, що вказує на наявність патогенних мікроорганізмів. А також сухий залишок – 73,23% (5902,42±1009,23), сульфати – 90,0% (418,11±50,10), хлориди – 90,0% (2588,1±449,30), хром – 0% (0,001±0), кадмій – 0% (0,002±0), нафтопродукти – 87,50% (0,24±0,04), азот нітритів – 80,50% (11,34±2,83), розчинений кисень – 75,0% (6,04±0,9).. Натомість збільшились показники азот нітратів – 35,71% (1469,34±512,63).

Такий стан поверхневих водойм спричиняє негативний вплив на організм. Хімічні токсини послаблюють імунний захист шкіри та слизових, а бактерії легше проникають в організм. Це підвищує ймовірність інфекцій, алергічних реакцій та інтоксикацій, особливо у дітей і людей з чутливою

шкірою. Така вода є небезпечною як для купання, так і для використання в побутових цілях без очищення. Захворювання, отримані при контакті з контамінованою водою, можуть викликати захворювання шлунково-кишкового тракту, шкіри, вух, органів дихання, очей, неврологічні та ранові інфекції. Найбільш часто зустрічаються наступні симптоми — спазми в шлунку, діарея, нудота, блювота та низька температура.

Непридатності води в рекреаційних зонах можна порівняти (див. Додаток Д) за високими показниками азоту нітритів та індексу ЛКП (до 93 %), що свідчать про надмірне забруднення неочищеними стічними водами, яке посилилося через руйнування очисних споруд з 2022 року, що представлено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Динаміка якості поверхневих вод, що перевищують норму, 2021–2025 рр.

Рік	Індекс ЛКП	Сухий залишок	Хлориди	Азот нітритів	Азот нітратів
2021	61,46	100	100	100	0
2022	27,78	100	100	100	0
2023	74,02	100	94,37	71,93	0
2024	93,24	100	94,29	0	37,14
2025	15,15	73,23	90,0	80,5	35,71

Отже, 2021 рік характеризується масовими перевищеннями більшості показників (особливо мутності, солей, хлоридів, фенолів, нафтопродуктів). 2022–2023 рр. демонстрували незначне покращення по деяких параметрах, проте більшість залишаються на критичному рівні. З 2024 р. по 2025 р. спостерігалося зростання забруднення, як мікробіологічного так і хімічного. Таким чином, слід зазначити, що вода поверхневих водойм характеризується високим рівнем бактеріального, мінералізації та металевого забруднення.

Найбільш значимим джерелом забруднення поверхневих вод міста Миколаєва та Миколаївського району є стічні води, що несуть патогенні мікроорганізми, хімічні домішки та органічні речовини, про що свідчать наднормативні рівні БСК. Крім того у воді періодично виявлялися перевищення рівня нафтопродуктів, кадмію, нормативів індексу ЛПК та *E.coli*. Слід зазначити що токсичні речовини які містяться у воді водойм можуть всмоктуватися в організм через шкіру, а також спричиняти алергічні реакції. Вода не повинна містити патогенних мікроорганізмів, таких як збудників тифу, холери, дизентерії, сальмонельозу та шкірних інфекцій.

За даними досліджень можна зробити висновки, що вода водойм не відповідає санітарно-гігієнічним нормам протягом усього досліджуваного періоду. Очисні каналізаційні споруди не виконують свої функції в повному обсязі і потребують модернізації.

Повінь 2023 року призвела до статистично значущого розбавлення води поверхневих водойм, але однозначно викликали статистично значуще зростання забруднення біогенними елементами та важкими металами, а також різке бактеріологічне забруднення.

Ми вважаємо, що необхідно вжити заходів щодо очищення стічних вод і контролю промислових скидів. Доцільно збільшити кількість спостережних пунктів і частоту відбору проб для більш точного контролю динаміки. Ми рекомендуємо посилити моніторинг важких металів і органічних речовин (фенолів, нафтопродуктів), а також впровадити біологічну рекультивацію водойм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Експериментальні дослідження проводилися нами в бактеріологічній лабораторії з суворим виконанням усіх вимог з охорони праці.

Основні положення з охорони праці [65, 66].

1) Під час роботи в бактеріологічній лабораторії здійснювалася всебічна оцінка біологічних ризиків, заснована на чіткому розумінні ключових понять. Наприклад, ризик трактується як ймовірність виникнення інциденту з небезпекою, що може призвести до певних наслідків. У ході лабораторної діяльності небезпека представлена біологічним агентом, патогенні властивості якого здатні завдати шкоди людям, тваринам або довкіллю. Ризик, пов'язаний із цією небезпекою, визначається як поєднання ймовірності інциденту та тяжкості його наслідків у разі реалізації. У цьому контексті ймовірність позначає ризик інфікування чи потрапляння небезпечного агента під час виконання лабораторних процедур, а наслідком вважається серйозність шкоди у випадку такого інциденту [65].

Бактеріологічна лабораторія з біологічною безпекою рівня 2 передбачає використання практичних прийомів, захисного обладнання, а також дотримання архітектурних та інженерних вимог приміщень, придатних для проведення клінічних і діагностичних досліджень. Тут виконуються роботи з широким спектром збудників, які становлять середній ризик для населення та здатні викликати захворювання помірної тяжкості у людей. Усі операції проводилися згідно з відповідними правилами, причому роботи із зазначеними збудниками виконували на відкритому лабораторному столі за умови низької ймовірності утворення аерозолів. На ємностях із культурами завжди чітко зазначали назву культури (матеріалу), реєстраційний номер, а також дату посіву або пересіву [65].

2) Після завершення роботи з біологічними патогенними агентами (БПА) всі об'єкти з посівами переміщували до сховищ (сейфів, холодильників,

термостатів або шаф) і закривали їх на замок. Двері приміщень також зачиняли на ключ. Проводилася дезінфекція всіх робочих поверхонь у приміщенні, а руки обробляли 70% етиловим спиртом. Також здійснювалося вологе прибирання, після чого на 60 хвилин вмикали бактерицидні опромінювачі [66].

3) Не допускалося залишати після завершення роботи відкриті мазки, об’єкти з посівами чи будь-які інші предмети, що містять біологічний матеріал, на робочих столах.

4) На столах і в боксах безпеки дозволялося залишати лише промаркований, але незасіяний посуд, за умови зробленої відповідної позначки.

5) Усі заражені матеріали, включаючи зразки та культури, підлягали знезараженню шляхом автоклавування при температурі 132 °C протягом однієї години.

6) Перед виходом з приміщення ми перевіряли вимкнення газу, освітлення, водопостачання, а також відключення непотрібних приладів. Приміщення лабораторії зачиняли на замок. Робочі кімнати (бокси), у яких проводилися роботи із БПА, щомісяця перед початком діяльності перевірялися на наявність патогенних мікроорганізмів методом змивів.

7) Медичні відходи, забруднені біологічними рідинами, після знезараження передавали на вторинну переробку [66].

Дотримувалися встановлених вимог до апаратури, меблів та обладнання.

1) Спиртівки утримували в чистоті.

2) Термостати піддавалися дезінфекції не рідше одного разу на місяць, використовуючи 3% розчин перекису водню разом з миючим засобом 0,5%. Перед проведенням обробки прилади вимикали з мережі.

3) При роботі з термостатом дотримувалися таких заборон: не допускалося розміщення в ньому легкозаймистих речовин і самостійне зняття захисних ковпаків з регулюючого обладнання.

4) При зберіганні інфікованих матеріалів у холодильниках забезпечували заходи для попередження їх забруднення. Розмороження і

дезінфекція холодильника виконувалися відповідно до інструкції в паспорті. Усі контейнери для зберігання в холодильнику повинні були мати чітке маркування.

5) Щоденний контроль температурного режиму в термостатах і холодильниках здійснювався двічі на день – на початку та наприкінці робочого дня, із записом результатів у відповідні форми.

6) Робота з електроприладами виконувалася виключно стоячи на гумовому килимку для забезпечення додаткової безпеки.

7) Перед приміщеннями з автоклавами та в передбокснику обов’язково розташовувалися вогнегасники.

8) Усі роботи проводилися при справному стані електроприладів та електропроводки, а приміщення лабораторії було забезпечене контуром заземлення, до якого були підключені прилади.

Дотримання вимог щодо використання засобів захисту працюючих включало такі аспекти [67]:

1) Робочий одяг замінювали за необхідністю, але мінімум один раз на тиждень.

2) Для роботи в боксі, окрім основного спецодягу, застосовувався додатковий стерильний комплект (халат, шапочка, маска, гумові рукавички, бахили), який зберігався в передбокснику.

Робочий режим дотримувався неухильно [67]:

1) При короткочасному виході з робочої кімнати (до 10 хвилин) дозволялося залишати об’єкти з біологічно небезпечними агентами (БПА) на столі в боксі безпеки лише за умови наявності іншого працівника в кімнаті або якщо двері кімнати були закриті на замок.

2) Під час проведення будь-яких робіт із БПА категорично заборонялося залишати робоче місце.

3) Прийом відвідувачів, зберігання та споживання їжі, а також використання косметичних засобів здійснювалися виключно у спеціально виділених для цього місцях.

Основні правила безпеки [65, 67]:

1) Дослідження проводили у спеціальному одязі, який зберігався в окремій шафі.

2) Знаходження у спеціальному одязі за межами лабораторних приміщень (адміністративних, побутових кімнат тощо) було заборонено.

3) Усе обладнання — посуд, піпетки, шприци, прилади — перевіряли на цілісність і справність перед використанням.

4) Починаючи роботу на столі розміщували предмети у такому порядку аби центральна робоча зона була вільною. Праворуч розташовували рідини для дезінфекції рук, ємкості для піпеток та відходів (на зручній відстані), що дозволяло обробляти руки або занурювати піпетки й інші використані матеріали в дезрозчин не змінюючи робоче положення.

5) На центральному місці стола розташовували спиртівку, яка знаходилася на 30 см від кінця столу біля дослідника. Ліворуч, на одному рівні з пальником, розміщували зразки з посівами та поживні середовища, які ще не були засіяні.

6) Петля бактеріологічна мала замкнуту форму у вигляді безперервного кільця і 6-сантиметрову довжину плеча.

7) Знезараження бактеріологічної петлі виконували наступним чином: її повільно вводили в полум’я, починаючи зі сторони утримувача, підсушуючи залишки матеріалу. Після цього петлю занурювали в полум’я аби прожарити всю довжину до появи червоного кольору. В цей момент важливо було спостерігати за тим, аби уникнути розповсюдження інфікованого матеріалу розбрискуванням. У випадку коли петля залишається з залишками зараженого матеріалу, під час раптового обвуглення полум’ям він може відірватися і впасти на стіл. У таких випадках у залишках можуть зберегтися мікроорганізми. Щоб уникнути негативних наслідків, необхідно знайти цей фрагмент і обробити його дезінфікуючим розчином [68].

8) Під час пікетування використовували піпетки з гумовими грушами або дозатори. Кінчик піпетки завжди опускали нижче рівня рідини в ємності, або ж рідина з піпетки стекала по внутрішній стінці посудини.

9) Пробки флаконів та пробірок відкривали виключно над полум'ям спиртівки, щоб уникнути можливого зараження. Речовини вносили в посудини, ретельно запобігаючи забрудненню горловини ємності. Краї отворів ємності обпалювали над полум'ям пальника перед тим, як закрити їх пробками.

10) Засіяні чашки Петрі витягували з термостата, тримаючи їх паралельно до поверхні столу чи підлоги. Перевертати чашки було заборонено через ризик витікання конденсату.

Заходи дезінфекції [68]:

В установах, які працюють з біологічно патогенними агентами (БПА), необхідно забезпечити достатній запас дезінфікуючих засобів. Розчини для дезінфекції готували суворо дотримуючись правил безпеки, характерних для кожного конкретного засобу.

Посудини з дезрозчинами маркували із зазначенням назви засобу, його концентрації та дати приготування.

Об'єкти, які підлягали знезараженню, перебували в безпосередньому контакті з дезінфектантом (тобто без доступу повітря і без утворення повітряних бульбашок) протягом 18-24 годин. Після цього дезінфектант обережно зливали, а оброблені матеріали переносили в контейнери для подальшого автоклавування [68].

У процесі роботи та після її завершення застосовували такі методи дезінфекції:

1) Ватні пробки та супровідну документацію дезінфікували методом сухого гарячого повітря.

2) Знезараження одноразових полімерних матеріалів, зокрема посуду та інструментів, проводили за допомогою автоклавування, після чого їх утилізували відповідно до Наказу №1827 [66].

3) Після дослідження предметні скельця, піпетки та шпателі занурювали в ємності із дезінфікуючим розчином.

4) Відпрацьовані чашки Петрі, пробірки з культурами та матраци із зараженими клітинними культурами збирали у закриті ємності й автоклавували. У виняткових випадках дозволялося залишати такі матеріали до наступного дня, але виключно в герметичних ємкостях із дезінфікуючим розчином.

Після вологого прибирання включали ультрафіолетові опромінювачі (УФ). Скляні поверхні опромінювачів протирали ганчіркою, змоченою 70% спиртом, щонайменше раз на тиждень [69].

Усі працівники дотримувалися правил роботи в автоклавній [65]:

1) Перед початком роботи з автоклавом пройшли навчання на тему «Робота з ємностями, які працюють під тиском» та отримали відповідне посвідчення.

2) Перевірка роботи автоклавів здійснювалася за кожного завантаження за допомогою хімічних тестів (термохімічних індикаторів) і максимальних термометрів. Щомісячно проводилася перевірка бактеріологічним методом. Ефективність знезараження контролювали шляхом висіву культури музейних штамів, оброблених автоклавуванням, якими працює лабораторія.

3) Матеріал для знезараження переносили в спеціально призначених ємностях із кришками (біксах, відрах).

Суворо заборонялося [65]:

– залишати працюючий автоклав без нагляду;
– доливати воду в автоклав під тиском;
– експлуатувати автоклав із будь-якими дефектами;
– зберігати сторонні предмети в автоклавній або захаращувати й забруднювати приміщення.

Алгоритм дій у разі ліквідації аварій або нещасних випадків в рамках досліджень на базі бактеріологічної лабораторії передбачає обов’язкову

наявність аптечки. Вона повинна містити у собі йод, бинти, спирт 70%, гумові рукавички, ножиці, альбуцид, напальчники (1-2 на кожного співробітника), перекис водню, 3 шт. перманганат калію по 0,05 г, антибіотики, лейкопластир, дистильовану воду на випадок надзвичайних ситуацій або аварій [65].

Аварія під час дослідження інфекційного матеріалу (розбиття посуду, розбризкування зі шприца чи піпетки, а також будь-яких ситуацій, що сприяють забрудненню заразним матеріалом предметів навколишнього середовища, робочого спец одягу або шкірного покриву працівників) передбачає негайну дезінфекцію приміщення, обладнання та потенційно заражених предметів. Одночасно проводиться персональна обробка працівників з метою знезараження [65].

Після завершення робіт із знезараження знімали та передавали на дезінфекцію робочий спеціальний одяг, засоби самостійного захисту, а також приймали душ [66, 67].

У разі надзвичайної ситуації треба зупинити весь робочий процес та відключити від електромережі комп’ютер або офісне обладнання й повідомити про ситуацію керівнику. Забороняється допускати сторонніх осіб у небезпечну зону.

При виявленні пожежі необхідно повідомити керівника, а у разі потреби зателефонувати до аварійно-рятувальної служби за номерами «101» або «112». Варто докласти зусиль для гасіння або локалізації пожежі за допомогою доступних засобів пожежогасіння. Електрообладнання під напругою слід знеструмити. Після цього необхідно покинути приміщення та відійти на безпечну відстань.

ВИСНОВКИ

1. Бактеріологічний та хімічний склад води водопровідної значно погіршився з 2022 року, що пов’язано зі зміною джерела центрального водопостачання – перехід на технічну воду Бузького лиману та з свердловин. У 2024 році було критичне перевищення за наступними показниками – загальна жорсткість, сухий залишок, сульфати, хлориди, магній, залізо, ЗМЧ та загальні коліформи. 2025 рік показав тенденцію до покращення, але окремі показники залишаються проблемними.

2. Зразки води водопровідної доочищеної у 2022–2025 рр. характеризуються погіршенням бактеріологічних показників та нестабільністю основних сольових та кислотно-лужних показників. Зокрема порівняно з 2021 роком показники зросли ЗМЧ на 30%, загальні коліформи на 10% та ентерококи зростали на 8% .

3. Вода із свердловин за 2022–2023 рр. максимально перевищує норми за більшістю параметрів – ЗМЧ на 48% , загальні коліформи на 24% , *E.coli* на 20%, загальна жорсткість на 18%, сухий залишок на 10%, сульфати на 12%, кальцій на 41%, магній на 9%, залізо на 20%, азот аміаку17%, азот нітритів42% та азот нітратів на 15%.

4. У воді із свердловин доочищеної за період 2022–2023 р.р. спостерігалося збільшення відсотків відхилень за показниками ЗМЧ на 9%, загальним коліформами на 18%, pH на 51%, сухий залишок на 21%, хлориди на 21%, азот нітратів на 12%, , а у 2024–2025 рр. – часткове зниження показників, проте залишається високий рівень бактеріологічних відхилень – ЗМЧ (36%), загальним коліформам (29%) та ентерокок (10%).

5. Встановлені фільтраційні системи для води водопровідної та зі свердловин демонструють високу ефективність в поліпшені якості води за хімічними показниками, але рівень бактеріального забруднення залишається високим (ЗМЧ до 32% та 35% відповідно).

6. Зразки води поверхневих водойм характеризуються високим рівнем мінералізації (сухий залишок, сульфати та хлориди по 100%), металевого (кадмій 100% та залізо 84%) та бактеріального забруднення (індекс ЛКП до 93%).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Чиста та збалансована за мінеральним складом вода є ключовим фактором профілактики захворювань і підтримання здоров’я населення. Тому для забезпечення населення якісною водою доцільно застосовувати комплексний та регулярний лабораторний моніторинг як за бактеріологічними, так і за хімічними показниками.

2. Дані про бактеріологічні показники можуть бути критичними для оцінки санітарно-гігієнічного стану водойм, планування профілактики інфекцій та формування рекомендацій щодо безпечного використання води населенням в умовах зруйнованої мережі водопостачання.

3. Матеріали дослідження можуть використовуватись при викладанні освітніх компонент «Прикладна біохімія», «Патологічна фізіологія».

4. Одержані результати можуть бути використані для інформування населення, екопросвітницьких заходів, контролю за джерелами забруднення, оновлення місцевих екологічних програм, створення звітів про стан довкілля та авокації екологічних змін внаслідок збройної агресії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Васильченко Д. В. Проблеми водних ресурсів в світі та в Україні. *Євроінтеграція екологічної політики України* : матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф. Одеса, 2023. С. 67-74.

2. Мітрясова О. П. Оцінювання екологічного стану водного об’єкта за гідрохімічними показниками. *Екологічна безпека та природокористування*. 2022. № 41 (1). С. 18-30.

3. Фесенко О. Дослідження процесів мінералізації питної води керамічними мінералізаторами для систем очищення побутової води. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2023. № 2. С. 58-65.

4. Даугуль В. Я. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру як провідний суб’єкт надання адміністративних послуг у сфері земельних відносин. *Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих учених*: тези доп. учасників наук.-практ. конф., 17 трав. 2017 р. Харків : ХНУВС, 2017. С. 60-64.

5. Крисінська Д. О., Клименко Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2021. № 31 (1). С. 147-151.

6. Прокопов В. О. Проблема хлорорганічних сполук у питній воді у працях українських науковців (огляд літератури та власних досліджень). *Довкілля та здоров’я*. 2020. № 3 (96). С. 65-73.

7. Бреус Д. С., Левченко М. В. Методи оцінювання та нормування якості природних водних ресурсів. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 110. С. 126-131.

8. Мокієнко А. В., Бабієнко В. В., Гущук І. В. Клімат, вода та інфекції: нові виклики для півдня України на тлі старих проблем. *Public Health Journal*. 2023. № 4. С. 41-49.

9. Biggs J., Fumetti S., Kelly-Quinn M. The Importance of Small Water Bodies for Biodiversity and Ecosystem Services: Implications for Policymakers. *Hydrobiologia*. 2017. Vol 793 №1. P. 3-39.

10. Peiyue L., Wu J. Drinking Water Quality and Population Health. *Exposure and Health*. 2019. Vol 11 №2. P. 73-79.

11. Туровська Г. І. Науково-методичні аспекти аналізу безпеки питної води. *Екологічні науки*. 2019. № 4 (27). С. 120-123.

12. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950 (дата звернення: 10.10.2025).

13. Boelee E. Water and health: From environmental pressures to integrated responses. *Acta tropica*. 2019. № 193. P. 217-226.

14. Совгіра С. В. Методика дослідження екологічного стану басейнів малих річок : монографія. Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. 288 с.

15. Степова О. В. Моніторинг поверхневих вод: навч. посіб. Полтава, 2017. 82 с.

16. Зазуляк Т. С. Повноцінність мінерального складу питної води як гігієнічна проблема. *Актуальні проблеми профілактичної медицини*. 2023. № 26. С. 37-46.

17. Бузіна І. М., Головань Л. В., Чуприна Ю. Ю. Екологічні біотехнології очищення водних екосистем. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 1 (9). С. 7-17.

18. Смирнов В. М., Смирнова С. М. Екологічна оцінка якості підземних водних ресурсів Миколаївської області. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу Києво-Могилянська академія*. 2016. № 288 (276). P. 27-32.

19. Kovalska O. I. Water danger of the city of Mykolaiv during wartime. *Environmental safety and natural resources*. 2024. Vol 50 №2. С. 48-63.

20. Врадій О. І. Вплив рівня мінералізації питної води на вміст в ній важких металів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 4 (31). С. 192-208.

21. Безсонов Є. М., Андрєєв В. І. Забезпечення екологічної безпеки Південного Бугу в контексті сталого розвитку Миколаєва. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу Києво-Могилянська академія*. 2016. № 276 (288). С. 19-26.

22. Залізняк Я. І. Дослідження стану басейну річки Південний Буг за допомогою геоекологічних методів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. № 34. С. 31-39.

23. Магась Н. І., Жадан Н. М., Туз Р. В. Визначення екологічно стійких та прийнятних рішень для забезпечення якісного водопостачання м. Миколаїв. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2024. № 2 (53). С. 254-265.

24. Щетина М. А., Гнатюк Н. О. Оцінка стану та рівня використання водних ресурсів Миколаївської області. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 388-395.

25. Raff Z., Earnhart D. The effect of environmental enforcement on labor: environmental workers and production workers. *Journal of Regulatory Economics*. 2020. Vol 57 №2. P. 118-133.

26. Багдай Т. В. Біомоніторинг екологічного стану природних водойм. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2016. № 18 (1). С. 3-5.

27. Андрусишина І. Якість питної води в Україні під час війни: безпечність питної води в українському та європейському законодавстві та методи контролю. *Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти* : зб. матеріалів II Міжнар. наук.-техніч. конф. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 88–90.

28. Матвійчук Н. Г., Матвійчук Б. В., Можарівська І. А. Фізико-хімічні та бактеріологічні показники якості питної води з різних джерел. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 1. С. 147-159.

29. Буденкова Н., Мисіна О. Методи досягнення програмних результатів навчання у процесі вивчення хімічних дисциплін у технічному закладі вищої освіти. *New pedagogical thought*. 2024. № 118 (2). С. 58-66.

30. Вороняк В. В., Козенко О. В., Двилюк І. В. Методи дослідження якості води та охорона джерел водопостачання : навчально-методичний посібник. Львів, 2020. 176 с.

31. Реут Д. Т., Древецький В. В. Пристрій для визначення біологічних показників якості поверхневих вод. *Методи та прилади контролю якості*. 2016. № 2 (37). С. 38-43.

32. Збірник методичних вказівок до лабораторних занять з навчальної дисципліни «Гідробіологія» для бакалаврів II-III року денної та заочної форм навчання, спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура, ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів» Укладач: доц. Соборова О. М., Одеса: ОДЕКУ, 2024. 44 с.

33. Матвійчук Н. Г., Матвійчук Б. В., Можарівська І. А. Фізико-хімічні та бактеріологічні показники якості питної води з різних джерел. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 1. С. 147-159.

34. Шестопалов О. В. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики. *Екологічні науки*. 2024. № 3 (54). С. 76-82.

35. Методичні вказівки для виконання лабораторних занять з навчальної дисципліни «Методики рибогосподарських досліджень» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти / Уклад. І. Ковальчук, О. Іщук, М. Слюсар, В. Мамченко, М. Світельський, Житомир : Вид-во ЖДУ, 2025. 53 с.

36. Шестопалов О. В. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики. *Екологічні науки*. 2024. № 3 (54). С. 76-82.

37. Хільчевський В. К. Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв’язку зі змінами нормативної бази (2014-2021 рр.). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 3 (61). С. 6-19.

38. Кисилевська А. Ю. Метрологічний аналіз методик випробувань мінеральних вод та пропозиції щодо їх впровадження в Україні. *Методи та прилади контролю якості*. 2019. № 1. С. 42-43.

39. Adu-Manu K. Water quality monitoring using wireless sensor networks: Current trends and future research directions. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*. 2017. Vol 13 №1. P. 1-41.

40. Зайцев В. В. Необхідність поетапного впровадження ДСТУ 7525: 2014 Вода питна. вимоги та методи контролювання якості. *Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика*. 2015. № 24 (5). С. 398-404.

41. European Environment Agency. Water quality in Europe : веб-сайт. URL: https://www.eea.europa.eu (дата звернення: 10.10.2025).

42. Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Знезараження води : курс лекцій. Одеса : Прес-кур'єр, 2022. 276 с.

43. Karimi A. Assessment of human health risks and pollution index for heavy metals in farmlands irrigated by effluents of stabilization ponds. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol 27 №10. P. 10317-10327.

44. Alves R. Water quality assessment of the Pardo River Basin, Brazil: a multivariate approach using limnological parameters, metal concentrations and indicator bacteria. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2018. Vol 75 №2. P. 199-212.

45. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene. Progress on drinking water, sanitation and hygiene : веб-сайт. URL: https://washdata.org (дата звернення: 10.10.2025).

46. Головатюк Л. М., Бондар О. Б., Кратко О. В. Небезпека та наслідки забруднення водойм для організму людини. *Екологічні науки*. 2023. № 5. С. 174-178.

47. Кратко О. В., Головатюк Л. М., Бондаренко Т. Є. Вплив воєнних дій на водне, ґрунтове та повітряне середовище України. *Екологічні науки*. 2023. № 47. С. 157-162.

48. Appannagari R. Environmental pollution causes and consequences: a study. *North Asian International Research Journal of Social Science & Humanities*. 2017. Vol 3 №8. P. 151-161.

49. 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.

50. Authman M. M. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *Journal of aquaculture research & development*. 2015. Vol 6 №4. P. 1-13.

51. Лехнюк Н. О. Забезпечення охорони праці персоналу рибних господарств. *Проблеми та перспективи розвитку охорони праці* : Матеріали IX Всеукр. наук.-практ. конф. курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. С. 67-68.

52. Сапко О. Ю., Кур'янова С. О. Вплив антропогенних джерел забруднення на якість річки Південний Буг. *Екологічні науки*. 2023. № 2. С. 61-65.

53. Чугай А. В. Техногенне навантаження на довкілля Миколаївської області. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2020. № 2. С. 27-33.

54. Ashbolt J. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. *Current environmental health reports*. 2015. Vol 2 №1. P. 95-106.

55. Environmental Protection Agency (EPA). National Primary Drinking Water Regulations. Washington : EPA, 2020. URL: https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water (дата звернення: 10.10.2025).

56. Методологія та організація наукових досліджень в галузі біології: навчальний посібник / Укладачі: Ю. Максименко, Д. Гарбар. Житомир: Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2024. 168 с.

57. Бойко П.К., Бойко О.П., Панівська О.В., Поручинський Б.А. Практикум з медичної мікробіології, вірусології та імунології. Частина 1. Навчальнометодичні матеріали до виконання лабораторних робіт. Навчальний

посібник для підготовки магістра, галузі знань 22 Охорона здоров'я, спеціальності 222 Медицина, за освітньо-професійною програмою «Медицина». Луцьк: ВНУ, 2025. 172 с.

58. Кривко Ю. Я., Корнійчук О. П., Федорович У. М. Мікробіологія з основами імунології та технікою мікробіологічних досліджень: Електронний посібник. Львів. 2021. 540 с.

59. Болтянська Н. І. Технології наукових досліджень в технічному сервісі: посібник-практикум / Н. І. Болтянська, І. Ю. Маніта. Мелітополь: Люкс, 2020. 136 с.

60. Жерновнікова Я. В. Статистична обробка та аналіз наукових даних : навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю І7 «Терапія та реабілітація» / Жерновнікова Я. В., Пятисоцька С. С., Ольховий О. М. Харків : ХДАФК, 2025. 124 с.

61. Методологія наукових досліджень в медицині: навч. посібник / В. Д. Бабаджан, Н. С. Бакуменко, О. І. Кадикова та ін.; за ред. П. Г. Кравчуна, В. Д. Бабаджана, В. В. М'ясоєдова. Харків : ХНМУ, 2020. 260 с.

62. Основи наукових досліджень : навчальний посібник /Укл. Кравець Н. П. видання 3-є, випр. і доповнене. Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2020. 74 с.

63. Основи статистичного моделювання : навч. посібник / за загальною редакцією С. В. Чугаєвської, Н. В. Ковтун. Житомир: Видавництво ПП «Рута», 2022. 604 с.

64. Данілов В. Я. Статистична обробка даних : навчальний посібник. Київ, 2019. 156 с.

65. Державні санітарні правила та норми, гігієнічні нормативи 9.9.5.-080-02 «Правила влаштування і безпеки роботи в лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю» з 28.01.2002 № 1. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0001588-02#Text (дата звернення: 12.11.2025).

66. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Порядок управління медичними відходами, у тому числі вимоги щодо безпечності для здоров’я людини під час утворення, збирання, зберігання, перевезення, оброблення таких відходів» : наказ 31.10.2024 № 1827 з 18 грудня 2024 року за № 1938/43283. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1938-24#Text (дата звернення: 12.11. 2025).

67. Герілович А. П., Окаєвич О. С., Герілович І. О. Засоби індивідуального захисту (переклад українською), під ред. проф. Геріловича А. П. Харків: «Інститут Єдиного Здоров’я». 2024. 82 с.

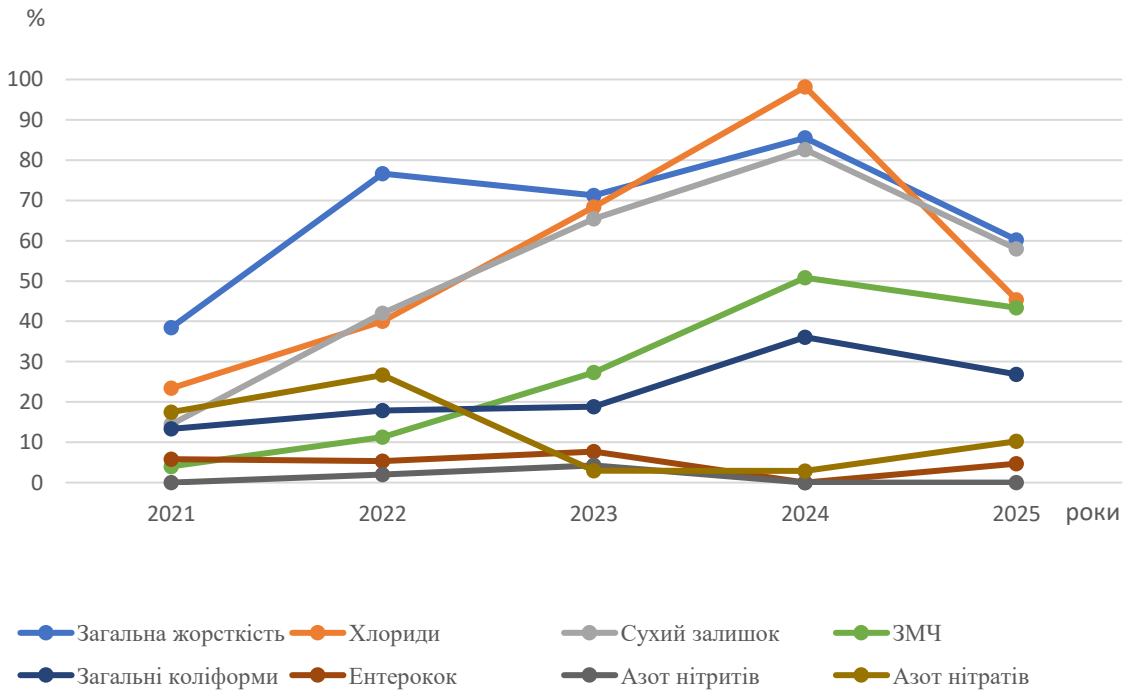
68. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Дезінфекція, передстерилізаційне очищення та стерилізація медичних виробів в закладах охорони здоров’я» : наказ 11.08.2014 № 552 3 вересня 2014 р. за № 1067/25844. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1067-14#Text (дата звернення: 12.11.2025).

69. Про затвердження санітарно-протиепідемічних правил і норм використання ультрафіолетового бактерицидного випромінювання для знезараження повітря та дезінфекції поверхонь в приміщеннях закладів охорони здоров’я та установ/закладів надання соціальних послуг/соціального захисту населення : наказ 06.05.2021 № 882 з 28 липня 2021 р. за № 978/36600. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0978-21#Text (дата звернення: 12.11.2025).

ДОДАТКИ

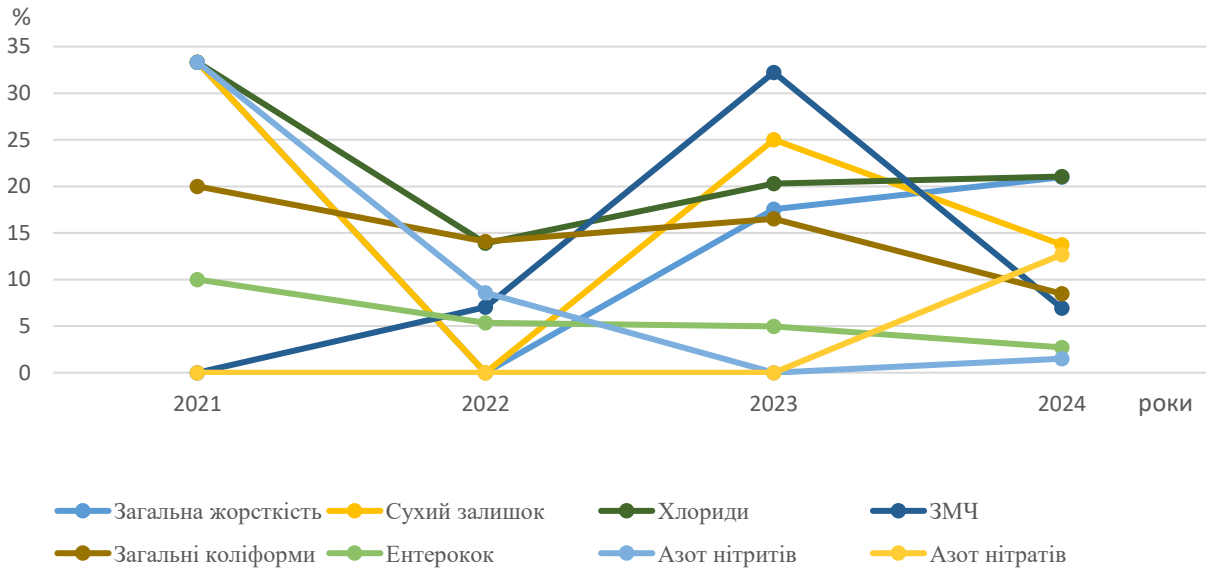
Додаток А

Динаміка якості води водопровідної, що перевищують норму



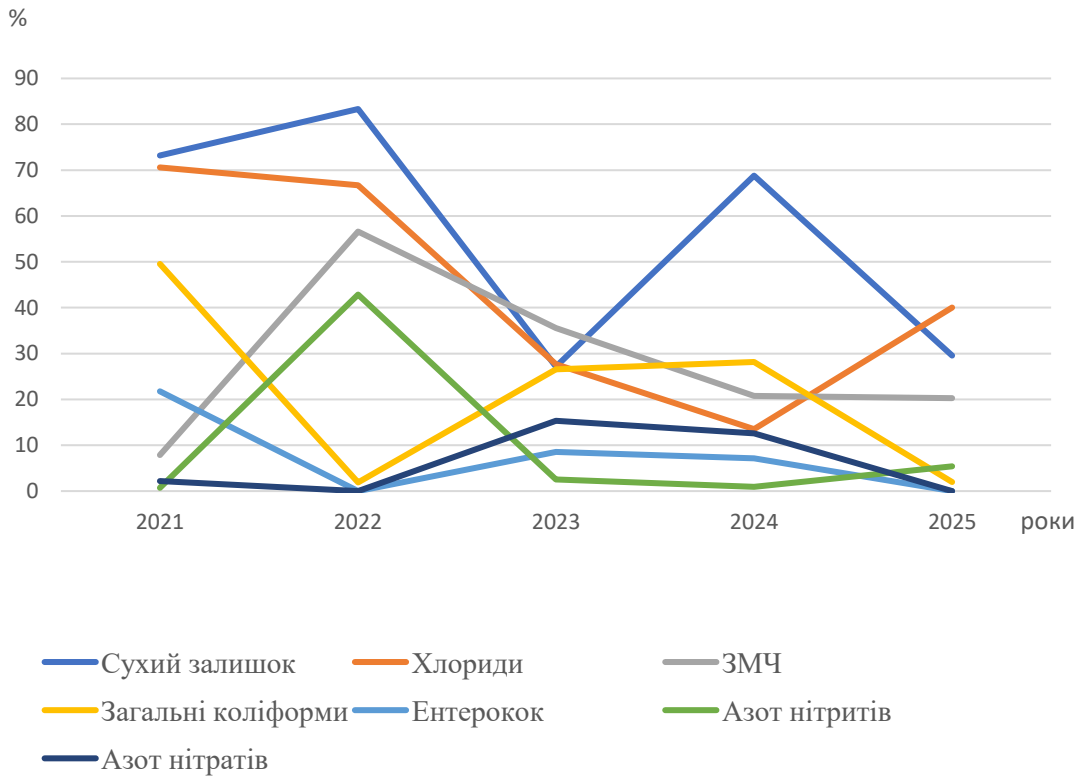
Додаток Б

Динаміка якості води водопровідної доочищеної, що перевищують норму



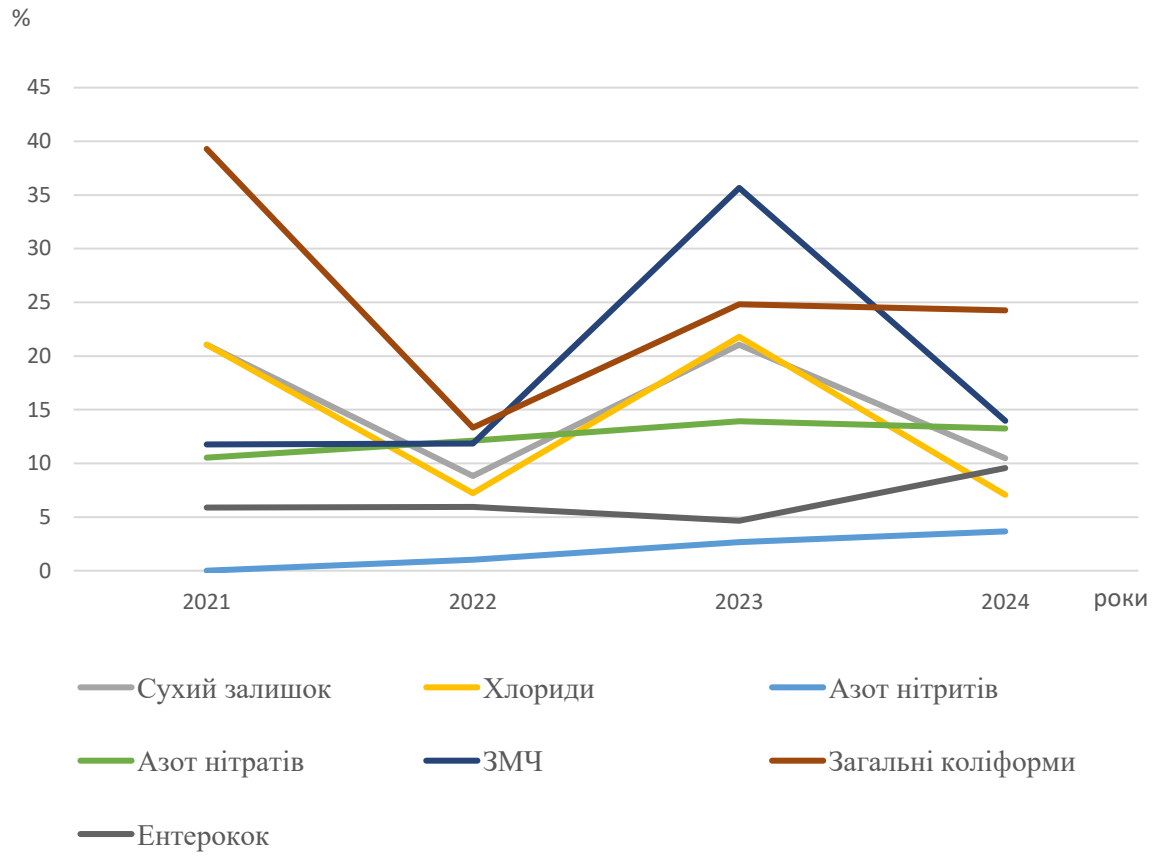
Додаток В

Динаміка якості води із свердловини, що перевищують норму



Додаток Г

Динаміка якості води із свердловини доочищеної, що перевищують норму



Додаток Д

Динаміка якості води поверхневих водойм, що перевищують норму

