CHAPTER 7

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ВОД ТА ЇХ АПРОБАЦІЯ НА ДІЛЯНКАХ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Магась Наталія
DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-714-7-7

ВСТУП

Рекреаційні водні об'єкти є водночас компонентами природного середовища, територіями відпочинку та потенційними шляхами впливу біологічних і хімічних чинників на здоров'я населення. Їхній стан визначається водністю, температурним режимом, інтенсивністю водообміну, надходженням поверхневого й каналізаційного стоку, процесами перемішування, природною мінералізацією та характером господарського освоєння берегової смуги. Тому оцінювання рекреаційної води не може обмежуватися одиничним порівнянням лабораторного результату з нормативним значенням: воно має враховувати просторово-часову мінливість, тип водного об'єкта, повторюваність небезпечних епізодів і можливість оперативного реагування. Такий підхід відповідає сучасному розумінню якості рекреаційного водного середовища й переходу від суто нормативного контролю до управління ризиками[1].

Рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я передбачають поєднання лабораторного моніторингу індикаторів фекального забруднення із профілюванням пляжів, санітарним обстеженням водозбору, оцінюванням короткочасних епізодів забруднення та своєчасним інформуванням населення. Центральним є принцип, за яким якість води для купання має оцінюватися не лише за окремою пробою, а за послідовністю спостережень і відомостями про джерела небезпеки[2].

[1] Хільчевський В. К. Оцінювання якості рекреаційного водного середовища: світові тенденції, рекомендації ВООЗ, директива ЄС щодо води для купання. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2021. № 4 (62). С. 6–17. DOI: 10.17721/2306-5680.2021.4.1

[2] Guidelines on Recreational Water Quality / World Health Organization. Volume 1 : Coastal and Fresh Waters. Geneva : WHO, 2021. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302

Європейська система управління водою для купання також ґрунтується на серіях спостережень за Escherichia coli та кишковими ентерококами, класифікації ділянок, підготовці профілів води для купання та відкритому інформуванні користувачів. Для України цей підхід є важливим орієнтиром гармонізації моніторингу, особливо для міських пляжів і лиманно-гирлових акваторій, де якість води може швидко змінюватися під впливом погодних і гідродинамічних подій[3].

У 2024 році в Україні затверджено окремі гігієнічні нормативи якості води для купання, які посилюють значення E. coli та кишкових ентерококів і передбачають оцінювання за довшими рядами спостережень. Для наукового аналізу це означає необхідність відокремлювати оперативний статус конкретної проби від довгострокової класифікації рекреаційної ділянки[4].

Для Миколаївської області проблема має додаткову специфіку. Дослідження охоплює пляж «Райдуга» на річці Південний Буг у м. Первомайськ, пляж «Стрілка» на річці Інгул та пляж «Чайка» на Бузькому лимані в м. Миколаїв. Досліджувані рекреаційні ділянки належать до різних гідрохімічних типів: річкова ділянка в Первомайську репрезентує прісноводні умови Південного Бугу, тоді як міські ділянки Миколаєва перебувають під впливом гирлово-лиманних процесів та солонуватих вод. За цих умов пряме ранжування ділянок лише за сухим залишком, хлоридами або сульфатами може змішувати природну мінералізацію з антропогенним навантаженням. Сучасні дослідження рекреаційних вод України наголошують на необхідності врахування природного типу водного об'єкта й цільового виду водокористування[5].

Метою дослідження є обґрунтування методичних засад ризик-орієнтованого оцінювання рекреаційних вод та їх апробація на прикладі ділянок «Райдуга», «Стрілка» та «Чайка» у Миколаївській області. Для досягнення мети систематизовано архівні фізико-хімічні й мікробіологічні матеріали за 2018, 2021 і 2024 роки, опрацьовано офіційні повідомлення за 2025–2026 роки, виконано описове зіставлення ділянок і повторюваності несприятливих епізодів, а також оцінено доказову спроможність наявних даних для характеристики небезпеки та кількісного визначення ризику.

---

[3] Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006L0007

[4] Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води для купання : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 3 грудня 2024 року № 2005. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1958-24

[5] Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Водні об'єкти України: якість води та рекреація. *Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів.* 2024. Спеціальний випуск. С. 38–43. DOI: 10.17721/2786-4561.2024.4.special-5/19

1. Теоретико-методичні засади та організація дослідження

1.1. Рекреаційні води як об'єкт еколого-гігієнічного оцінювання

Рекреаційне водокористування охоплює купання, плавання, перебування на мілководді, веслування, серфінг, аматорське рибальство та відпочинок поблизу води. Ці види діяльності суттєво різняться за тривалістю та характером контакту з водним середовищем. Найвищу потенційну експозицію формують сценарії із зануренням голови та випадковим проковтуванням води; меншу – короткочасний контакт шкіри й слизових оболонок; найнижчу – перебування на березі без прямого контакту. Відповідно, однакова концентрація забруднювача не означає однаковий ризик для всіх категорій рекреантів.

Основні небезпеки рекреаційного водного середовища доцільно поділяти на мікробіологічні, хімічні, органолептичні, фізичні й інфраструктурні. Мікробіологічна група пов'язана передусім із фекальним забрудненням та можливим надходженням патогенних мікроорганізмів. Хімічні небезпеки охоплюють речовини, здатні спричиняти гострі або хронічні ефекти за відповідного шляху й дози надходження. Органолептичні показники характеризують умови рекреації та можуть сигналізувати про небажані процеси, але не завжди безпосередньо відображають ризик для здоров'я. Фізичні й інфраструктурні небезпеки включають течії, стан дна, уламки, аварійні споруди, відсутність санітарної інфраструктури й адміністративні обмеження.

Експозиція та сприйнятливість населення є неоднорідними. Для дітей характерні триваліше перебування на мілководді, частіший контакт рук із ротом і більша ймовірність випадкового проковтування води. Підвищеної обережності потребують також люди похилого віку, вагітні, особи із хронічними захворюваннями, ушкодженнями шкіри або ослабленою імунною системою. Належність до вразливої групи не змінює лабораторного результату, проте має враховуватися під час формування рекомендацій щодо безпечності купання.

Окремого контролю потребує ціанобактеріальне «цвітіння». Відповідність води за E. coli та кишковими ентерококами не усуває небезпеки ціанотоксинів. Видимі скупчення, поверхнева плівка, різка зміна кольору або неприємний запах мають розглядатися як підстава для цільового обстеження і тимчасового попереджувального інформування населення до отримання повного комплексу лабораторних результатів.

Фекальне забруднення може надходити з неочищеними або неналежно очищеними господарсько-побутовими стічними водами, унаслідок аварій каналізаційних мереж, змиву з урбанізованих територій після опадів, діяльності тваринницьких об'єктів, присутності птахів і тварин

і безпосереднього навантаження від відвідувачів. Потенційними джерелами хімічного навантаження є промислові й комунальні випуски, зливовий стік, сільськогосподарський дренаж, судноплавство, аварійні розливи та забруднені донні відклади. Водночас природні процеси – водообмін із лиманом, згінно-нагінні явища, випаровування, розмивання берегів і скаламучування донних відкладів – також можуть істотно змінювати мінералізацію, прозорість і вміст завислих речовин.

1.2. Нормативна основа та принципи ризик-орієнтованого оцінювання

Повна характеристика рекреаційної водойми потребує поєднання гігієнічного, екологічного та ризик-орієнтованого підходів. Гігієнічне оцінювання визначає безпечність контакту людини з водою; екологічне характеризує стан водної екосистеми та відхилення від природних умов; ризик-орієнтований підхід установлює, які небезпеки, джерела та сценарії потребують першочергового контролю. Екологічний клас масиву поверхневих вод не можна визначати лише за кількома фізико-хімічними показниками, а відповідність окремої мікробіологічної проби не означає доброго екологічного стану всієї водойми. Біоіндикація може інтегрувати довготривалі зміни, однак не замінює оперативних санітарно-мікробіологічних вимірювань.

E. coli та кишкові ентерококи є індикаторами фекального забруднення, а не прямими вимірюваннями всіх можливих патогенів. Підвищена чисельність індикаторів означає зростання імовірності присутності патогенних мікроорганізмів, але без патогеноспецифічних даних, експозиційної моделі та залежності доза – відповідь не дає змоги визначити точну інфекційну дозу або індивідуальну ймовірність захворювання.

Чинні Гігієнічні нормативи якості води для купання передбачають класифікацію за E. coli та кишковими ентерококами з урахуванням типу води. Довгострокове оцінювання здійснюють після завершення купального сезону за даними поточного та трьох попередніх сезонів. Набір має містити щонайменше 16 проб, упродовж кожного сезону – не менше чотирьох проб, включно із пробою перед його початком, а інтервал між відборами не має перевищувати одного місяця. Для класифікації використовують 90-й і 95-й процентилі логарифмованих мікробіологічних даних, за якими воду відносять до поганої, достатньої, доброї або відмінної якості. Тому оперативний статус однієї проби та довгостроковий клас рекреаційної ділянки є різними результатами оцінювання.

Архівні повідомлення за окремі дати 2018, 2021 та 2024 років переважно містять дані про лактозопозитивні кишкові палички (далі – ЛКП),

коліфаги та нерівномірні серії відбору, а не повний чотирисезонний ряд абсолютних концентрацій E. coli та кишкових ентерококів. ЛКП є історичним санітарно-мікробіологічним індикатором; наведені для них числові значення не тотожні концентраціям E. coli за чинними гігієнічними нормативами. Ці матеріали придатні для виявлення епізодів небезпеки, просторово-часового зіставлення і формування пріоритетів моніторингу, але не для ретроспективного присвоєння сучасного формального класу якості води для купання.

Нормативне порівняння залишається необхідною складовою частиною оцінювання, проте воно має застосовуватися з урахуванням призначення конкретного нормативу. Гігієнічні нормативи для господарсько-побутових потреб не завжди можуть автоматично переноситися на природні солонуваті води. Зокрема, підвищені значення сухого залишку, хлоридів і сульфатів у лиманно-гирловій системі можуть бути природними гідрохімічними характеристиками. Водночас вони є важливими для типізації води, просторового порівняння та виявлення різких відхилень від фонового стану. Порівняльні критерії для водних об'єктів інших видів водокористування застосовано з урахуванням вимог чинних гігієнічних нормативів[6].

Ризик-орієнтоване оцінювання повинно розрізняти лабораторний факт, характеристику небезпеки, оцінку експозиції та кількісну характеристику ризику. Лабораторний факт фіксує виміряну концентрацію або невідповідність. Характеристика небезпеки визначає санітарне чи екологічне значення результату. Кількісний ризик потребує моделі, яка містить обсяг контакту, частоту експозиції, дозо-реакційну залежність і невизначеність. За відсутності цих складників точні відсотки ймовірності інфікування не є науково обґрунтованими. Українські дослідження нормативного оцінювання рекреаційних вод також підкреслюють необхідність розмежування різних систем нормування та цілей оцінювання[7].

1.3. Район дослідження, матеріали та методи

Дослідження охоплює три рекреаційні ділянки Миколаївської області. Пляж «Райдуга» розташований у межах міста Первомайськ на річці Південний Буг і характеризує річкову рекреаційну систему. Пляж «Стрілка»

[6] Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 2 травня 2022 р. № 721. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0524-22

[7] Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Особливості нормативного оцінювання якості води водних об'єктів для рекреаційних цілей в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2022. № 1 (63). С. 40–53. DOI: 10.17721/2306-5680.2022.1.4

у Миколаєві розташований на річці Інгул у зоні гирлового впливу. Пляж «Чайка» належить до акваторії Бузького лиману й відображає умови солонуватих лиманних вод. Поєднання цих об'єктів дає змогу зіставити прісноводний і лиманно-гирловий гідрохімічні типи та визначити, які відмінності є системними, а які можуть відображати локальні епізоди навантаження.

Просторове розташування досліджуваних рекреаційних ділянок наведено на рисунку 1.

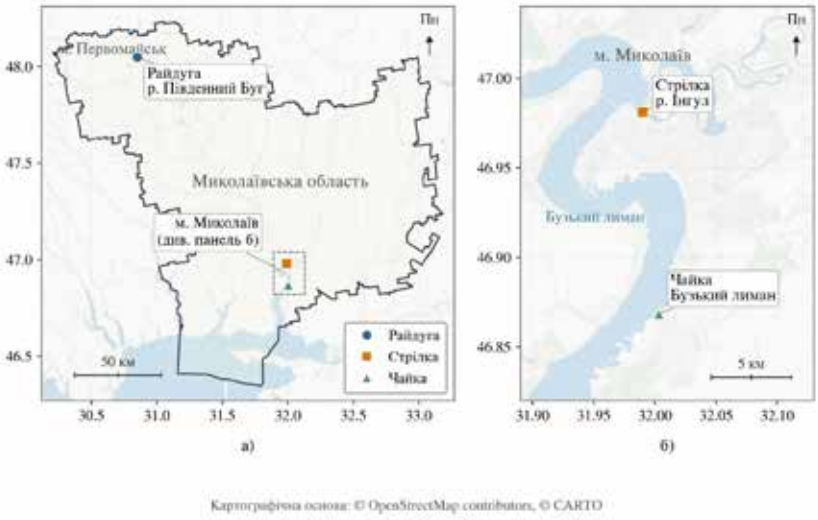

Рис. 1. Розташування досліджуваних рекреаційних ділянок «Райдуга», «Стрілка» та «Чайка» у Миколаївській області: а – територія області з позначенням пунктів спостереження; б – збільшений фрагмент території в межах міста Миколаєва

Розподіл фізико-хімічних проб за ділянками та роками узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розподіл фізико-хімічних проб за ділянками й роками

Рекреаційна ділянка	Водний об'єкт	2018 р.	2021 р.	2024 р.	Разом
Пляж «Райдуга»	р. Південний Буг, м. Первомайськ	12	12	10	34
Пляж «Стрілка»	р. Інгул, м. Миколаїв	4	4	4	12
Пляж «Чайка»	Бузький лиман, м. Миколаїв	4	4	4	12
Разом	–	20	20	18	58

Дослідження має ретроспективний спостережний дизайн і охоплює всі доступні записи, що відповідали трьом обраним ділянкам і визначеним періодам; апріорний розрахунок обсягу вибірки не проводили. Під час формування аналітичного масиву уніфіковано назви ділянок, дати, десяткові роздільники й одиниці вимірювання, перевірено повтори записів і логічну відповідність діапазонів. Спостереження не вилучали лише через велике або мале значення і не замінювали статистично оціненими величинами. Первинні лабораторні протоколи не для всіх років містили відомості про прилади, межі виявлення, невизначеність і внутрішній контроль якості, тому результати розглянуто як вторинні моніторингові дані, а міжрічні порівняння інтерпретовано з відповідним застереженням.

У пробах води визначали температуру, pH, прозорість, каламутність, запах, кольоровість, завислі речовини, амоній, нітрити, нітрати, розчинений кисень, хімічне споживання кисню (далі – ХСК), біохімічне споживання кисню за п’ять діб (далі – $БСК_5$), сухий залишок, сульфати, хлориди, фосфати, залізо та нафтопродукти. Для описового узагальнення за кожною ділянкою обчислено медіанні, мінімальні та максимальні значення основних показників. Перевищення ХСК визначали щодо порога 30 мг O_2/дм³. Нижчий поріг 15 мг O_2/дм³, застосований у частині наданих раніше розрахунків, не використовували, оскільки він не відповідав прийнятому в цьому дослідженні критерію та штучно збільшував розраховану кратність перевищення.

Завислі речовини аналізували за фактичними концентраціями без розрахунку кратності перевищення: значення 0,75 мг/дм³ характеризує допустимий приріст щодо природного фонового рівня, а не універсальну абсолютну межу. За відсутності синхронної фонової проби визначення кратності було б методично некоректним. Сухий залишок, сульфати та хлориди інтерпретували з урахуванням природної мінералізації та водообміну лиманно-гирлової системи. Загальні засади такої інтерпретації відповідають підходам до рекреаційного оцінювання водних об’єктів України[8].

Мікробіологічний блок включав архівні повідомлення про ЛКП, коліфаги та загальний статус відповідності проб за окремі дати 2018, 2021 і 2024 років. Для 2025–2026 років створено матрицю датованих статусів «відповідає / не відповідає» за офіційними повідомленнями. Одиницею статусного аналізу було одне повідомлення для конкретної ділянки на конкретну дату; статус переносили з офіційного джерела без

[8] Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Водні об’єкти України та рекреаційне оцінювання якості води : навчальний посібник. Київ : ДІА, 2022. 240 с.

ретроспективної перекласифікації. Повідомлення, у яких наведено лише кратність перевищення без абсолютної концентрації та використаного нормативу, аналізували описово. Статусні дані не об'єднували з кількісним рядом попередніх років, оскільки більшість новіших повідомлень не містила абсолютних концентрацій.

1.4. Аналітичний підхід та обмеження оцінювання ризику

Фізико-хімічний масив використано для описового зіставлення трьох ділянок за медіанами та діапазонами основних показників. Окрему увагу приділено pH, розчиненому кисню, ХСК, сухому залишку, хлоридам і завислим речовинам. Значення ХСК порівнювали з порогом 30 мг O_2/дм³. Порогове значення використовували лише для скринінгової інтерпретації окремих спостережень, а не для кількісного визначення імовірності ефекту для здоров'я.

Для завершеного статусного ряду 2025 року обчислювали частки повідомлень із невідповідністю та 95% довірчі інтервали Вілсона; попарні відмінності між ділянками перевіряли двобічним точним критерієм Фішера з поправкою Холма. Для статистичних перевірок приймали критичний рівень значущості $\alpha = 0{,}05$. Розрахунки виконано у Python 3.12 із використанням SciPy 1.17.0; рисунок побудовано засобами Matplotlib 3.10.8. Відомості 2026 року аналізували лише як оперативні, оскільки купальний сезон не завершений. Архівні кількісні результати за ЛКП не об'єднували зі статусними рядами 2025–2026 років і не переоцінювали за сучасними критеріями для E. coli та кишкових ентерококів.

Основними обмеженнями є нерівномірна щільність відбору, мала кількість проб на ділянках «Стрілка» та «Чайка», неповнота відомостей про методики й контроль якості в частині первинних протоколів, а також відсутність абсолютних концентрацій у низці офіційних повідомлень. Тому наведені узагальнення призначені для типізації ділянок, виявлення повторюваних небезпек і визначення пріоритетів моніторингу, але не для формування незмінного рейтингу пляжів.

Наявні методики кількісної мікробіологічної оцінки ризику, зокрема чотириетапний підхід QMRA, рекомендований Усесвітньою організацією охорони здоров'я, у цьому дослідженні не застосовували для розрахунку точного інфекційного ризику. Наявний архівний масив не містить патогеноспецифічних концентрацій, розподілів обсягу випадково проковтнутої води та частоти контактів, характеристик уразливих груп населення і валідованих дозо-реакційних коефіцієнтів. Тому попередні експоненційні розрахунки, в яких концентрації індикаторних ЛКП фактично прирівнювали до отриманої дози патогену, не відтворювали.

Відсутні значення ентерококів або коліфагів не замінювали нулями; результати обмежили частотою і кратністю перевищень, повторюваністю епізодів, описовим зіставленням фізико-хімічних характеристик і статистичним аналізом завершеного статусного ряду 2025 року[9].

2. Узагальнена фізико-хімічна характеристика рекреаційних ділянок

2.1. Описова характеристика основних показників

Фізико-хімічний масив охоплює 58 проб: 34 з ділянки «Райдуга» та по 12 із ділянок «Стрілка» і «Чайка». Вода всіх трьох об'єктів переважно мала слабколужну реакцію. У наявних разових вимірюваннях концентрація розчиненого кисню не знижувалася нижче 4 мг O_2/дм³, однак відсутність безперервних добових спостережень не дає змоги виключити короткочасні мінімуми в теплий період. Окремі максимальні значення 16,95–17,59 мг O_2/дм³, зафіксовані за температури води 7–8 °C, можуть відображати денне фотосинтетичне перенасичення; через відсутність відомостей про точний час відбору їх інтерпретовано обережно.

Описове зіставлення засвідчує чітку відмінність прісноводної ділянки «Райдуга» від двох миколаївських акваторій за сухим залишком, хлоридами, ХСК і завислими речовинами. Узагальнені медіани та повні діапазони спостережених значень наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Описові фізико-хімічні характеристики рекреаційних ділянок

Показник	«Райдуга», n = 34	«Стрілка», n = 12	«Чайка», n = 12
pH	8,13 [7,87–8,45]	8,33 [8,20–8,52]	8,39 [7,98–8,52]
Розчинений кисень, мг O_2/дм³	8,55 [4,98–15,38]	9,78 [6,27–16,95]	10,99 [6,05–17,59]
ХСК, мг O_2/дм³	25,96 [16,00–36,00]	36,83 [20,50–65,91]	34,47 [20,39–64,34]
Сухий залишок, мг/дм³	618 [340–697]	5 474 [720–7 124]	6 020 [1 194–10 067]
Хлориди, мг/дм³	55,30 [29,70–66,65]	2 383,50 [124,70–3 362,49]	2 879,77 [368,70–4 759,43]
Завислі речовини, мг/дм³	2,80 [0–22,80]	43,85 [0–182,40]	42,00 [1,60–150,00]

Примітка. Наведено медіану [мінімум – максимум]. Показники характеризують наявний ретроспективний масив і не є довгостроковим нормативним класом води для купання.

Медіанні значення ХСК на «Стрілці» та «Чайці» були вищими, ніж на «Райдузі», що визначає пріоритет контролю органічного й іншого

[9] Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management / World Health Organization. Geneva: WHO, 2016. 204 p. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241565370

окиснюваного навантаження в лиманно-гирлових акваторіях. Водночас ХСК є інтегральною фізико-хімічною характеристикою і не може безпосередньо ототожнюватися з мікробіологічною небезпекою або індивідуальним ризиком захворювання.

2.2. Інтерпретація гідрохімічних відмінностей

Річкова ділянка «Райдуга» характеризувалася значно нижчими значеннями сухого залишку й хлоридів, тоді як «Стрілка» та «Чайка» відображали вплив лиманно-гирлового водообміну. Тому підвищену мінералізацію миколаївських акваторій не можна автоматично трактувати як техногенне забруднення без даних про солоність, електропровідність, водообмін і природний фон.

Підвищені й мінливі концентрації завислих речовин можуть бути пов’язані з вітровим хвилюванням, скаламучуванням донних відкладів, течією, рівнем води та локальним поверхневим стоком. Значення 0,75 мг/дм³ характеризує допустимий приріст щодо фонового рівня, тому без синхронної фонової проби розрахунок кратності перевищення є методично некоректним.

Одержані відмінності обґрунтовують диференційовану програму спостережень: для «Райдуги» пріоритетними є контроль епізодів органічного й мікробіологічного навантаження, а для «Стрілки» та «Чайки» – додаткові визначення електропровідності, солоності, основних іонів, завислих речовин і гідродинамічних умов.

2.3. Обмеження описової оцінки

Нерівномірність вибірки обмежує пряме міжділянкове та міжрічне порівняння: для «Райдуги» переважали щомісячні спостереження, тоді як для «Стрілки» та «Чайки» наявно по чотири сезонні проби на рік. Окрім того, не всі архівні протоколи містять інформацію про межі виявлення, невизначеність вимірювань і внутрішній лабораторний контроль.

Узагальнені значення варто розглядати як описову апробацію ризик-орієнтованого підходу, а не як підставу для незмінного ранжування рекреаційних ділянок. Виявлені відмінності визначають напрями додаткового контролю, але потребують підтвердження рівномірними синхронними рядами спостережень.

Особливо обережної інтерпретації потребують інтегральні показники. Підвищене ХСК сигналізує про наявність окиснюваних речовин, але не визначає їхній склад і токсикологічне значення; завислі речовини без фонової проби не дають змоги відокремити природне скаламучування від локального антропогенного внеску.

Для подальшої верифікації необхідні одночасні вимірювання фізико-хімічних, мікробіологічних, метеорологічних і гідрологічних характеристик із фіксацією точного часу відбору, опадів, вітру, рівня води та стану берегової інфраструктури.

3. Мікробіологічна безпека, характеристика ризику та пріоритети управління

3.1. Мікробіологічні епізоди 2018, 2021 і 2024 років

Архівні матеріали свідчать про повторювані, але нерівномірні в часі епізоди мікробіологічного забруднення. У 2018 році на ділянці «Райдуга» повідомлялося про значення ЛКП 240 000 та підвищений вміст коліфагів. На ділянці «Стрілка» фіксували 24 000 і 70 000 ЛКП, на ділянці «Чайка» – 6 200 і 24 000. У 2021 році одна із серій відповідала нормативам на ділянках «Райдуга» і «Стрілка», однак 3 вересня на ділянці «Райдуга» знову зафіксовано 240 000 і 24 000 ЛКП.

Ключові мікробіологічні результати архівного періоду узагальнено в таблиці 3.

Таблиця 3

Ключові мікробіологічні результати архівного періоду

Дата	Ділянка	Оприлюднений результат	Статус
26 липня 2018 р.	«Райдуга»	ЛКП 240 000; коліфаги 250	невідповідність
26 липня 2018 р.	«Стрілка»	ЛКП 24 000 та 70 000	невідповідність
26 липня 2018 р.	«Чайка»	ЛКП 6 200 та 24 000	невідповідність
27 серпня 2021 р.	«Райдуга» / «Стрілка»	відповідали	відповідність
3 вересня 2021 р.	«Райдуга»	ЛКП 240 000 та 24 000	невідповідність
26 липня 2024 р.	«Стрілка»	ЛКП 9 800	невідповідність
26 липня 2024 р.	«Чайка»	ЛКП 24 000 та 20 000	невідповідність
16 серпня 2024 р.	«Стрілка» / «Чайка»	ЛКП 24 000	невідповідність
30 серпня 2024 р.*	«Райдуга»	ЛКП 70 000	невідповідність
30 серпня 2024 р.*	«Стрілка»	ЛКП 20 000	невідповідність
30 серпня 2024 р.*	«Чайка»	ЛКП 24 000	невідповідність

*Примітки. ЛКП – історичний санітарно-мікробіологічний показник; його значення не тотожні концентраціям E. coli за чинними нормативами; * – дані за 30 серпня 2024 р. наведено за абсолютними значеннями офіційного повідомлення; оприлюднені кратності з ними не узгоджуються.*

У 2024 році спостерігалася швидка зміна ситуації. Станом на 26 липня «Райдуга» відповідала нормативам, тоді як «Стрілка» та «Чайка» мали

підвищені значення ЛКП. Станом на 16 серпня «Райдуга» знову відповідала нормативам, а на двох миколаївських пляжах фіксували 24 000 ЛКП. Наприкінці серпня невідповідність охоплювала всі три ділянки. Офіційні матеріали Центру громадського здоров'я підтверджують короткочасну мінливість статусів упродовж купального сезону[10].

Для 30 серпня 2024 року офіційне повідомлення Миколаївського обласного центру контролю та профілактики хвороб містить кратності, які не повністю узгоджуються з абсолютними значеннями вихідної таблиці. До отримання первинних протоколів у кількісному аналізі використано абсолютні значення, а розбіжність джерел розглянуто як елемент невизначеності[11].

3.2. Оперативний моніторинг у 2025–2026 роках

У 2025 році на всіх трьох ділянках траплялися короткочасні епізоди невідповідності. На ділянці «Чайка» вони зафіксовані 27 червня, 18 липня та 1 серпня; 18 липня кишкова паличка перевищувала нормативне значення в 1,3 раза. На ділянці «Стрілка» невідповідність зареєстровано 4 липня. На ділянці «Райдуга» відхилення відзначено 25 липня та 1 серпня. Починаючи щонайменше з 8 серпня, усі три об'єкти в доступних повідомленнях відповідали нормативам. Офіційні підсумки сезону підтверджують необхідність датованого, а не узагальненого опису якості води[12].

Частка повідомлень із невідповідністю у 2025 році становила 18,2% для «Райдуги» (2 з 11), 9,1% для «Стрілки» (1 з 11) і 27,3% для «Чайки» (3 з 11). Попарні точні критерії Фішера з поправкою Холма не підтвердили відмінностей між ділянками (для всіх трьох порівнянь pHolm = 1,000). Через малу кількість спостережень і широкі довірчі інтервали науково коректним є висновок про наявність короткочасних епізодів на всіх трьох об'єктах, а не про стійкий рейтинг пляжів за мікробіологічною небезпекою. Частки невідповідних повідомлень та 95% довірчі інтервали наведено на рисунку 2.

---

[10] Якість води у водоймах і річках у межах пляжів станом на 16.08.2024 / Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-u-vodoymakh-i-richkakh-u-mezhakh-plyazhiv-monitoring-vodnikh-obektiv-5

[11] Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб. *Результати моніторингових досліджень якості води на пляжах Миколаївщини.* 30 серпня 2024 року. URL: https://mk.cdc.gov.ua/news/rezultaty-monitoryngovyh-doslidzhen-yakosti-vody-na-plyazhah-mykolayivshhyny/

[12] Якість води на пляжах України станом на 29 серпня 2025 року / Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-na-plyazhakh-ukraini-stanom-na-29-serpnya-de-bezpechno-kupatisya

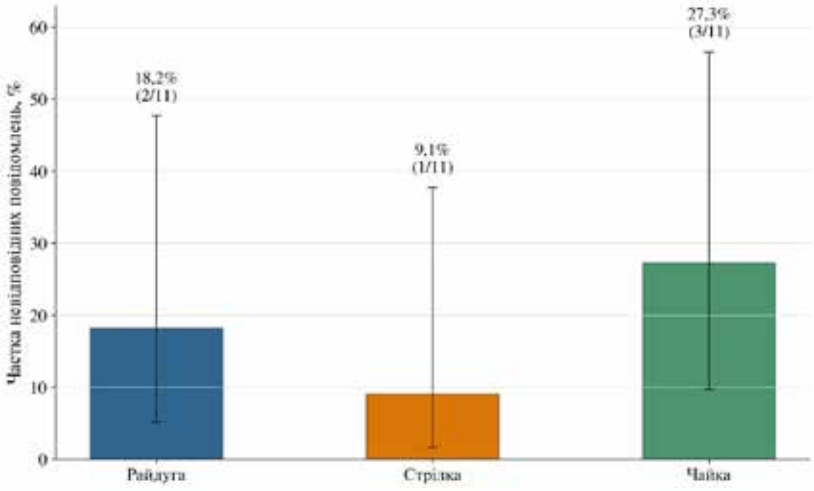

Рис. 2. Частка офіційних повідомлень із мікробіологічною невідповідністю на рекреаційних ділянках у 2025 році. Вертикальні лінії – 95% довірчі інтервали Вілсона

Джерело: побудовано автором за результатами опрацювання офіційних повідомлень і статистичних розрахунків

У доступних повідомленнях за 25 травня, 1 і 29 червня, 9 та 16 липня 2026 року проби з «Райдуги», «Стрілки» та «Чайки» відповідали мікробіологічним нормативам. Отже, для кожної ділянки зафіксовано 0 невідповідностей із 5 наявних серій. Цей результат є позитивним оперативним сигналом, але не доводить покращення порівняно із 2025 роком, оскільки сезон не завершений, вибірка мала, а верхня межа 95% довірчого інтервалу за нульової кількості подій залишається широкою. Стан даних відповідає офіційній інформації на 16 липня 2026 року[13].

У пробі від 25 травня 2026 року для «Стрілки» було окремо повідомлено про перевищення ХСК у 12 разів. Цей результат не включено до описового фізико-хімічного узагальнення, оскільки джерело не наводить абсолютної концентрації та нормативної межі, використаної для розрахунку кратності. Він має розглядатися як сигнал для запиту первинного протоколу й повторного відбору, а не як остаточне кількісне значення.

[13] Центр громадського здоров'я МОЗ України. Якість води на пляжах України станом на 16 липня 2026 року. URL: https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-na-plyazhakh-ukraini-stanom-na-16-lipnya-de-bezpechno-kupatisya

3.3. Характеристика ризику та методичне узагальнення

Наявні матеріали підтримують два рівні висновків: лабораторно підтверджений факт і характеристику небезпеки. До першого належать виміряні концентрації, статуси відповідності та датовані епізоди. До другого – висновки про повторювані випадки фекального забруднення, відмінності гідрохімічного типу й потребу в посиленому контролі ХСК та завислих речовин. Точний індивідуальний ризик інфікування за цими даними розрахувати неможливо. Рекомендовану трирівневу схему оцінювання рекреаційної безпеки подано в таблиці 4.

Таблиця 4

Рекомендована трирівнева схема оцінювання рекреаційної безпеки

Рівень	Зміст	Необхідні дані
Регуляторний	Відповідність конкретної проби та довгострокова класифікація води для купання.	Абсолютні концентрації E. coli й ентерококів, дати, нормативні критерії.
Скринінговий	Профіль небезпек, повторюваність епізодів, пріоритети моніторингу.	Наявний фізико-хімічний і статусний мікробіологічний масив.
Кількісний	Імовірність інфікування або іншого ефекту для заданого сценарію.	Патогеноспецифічні дані, експозиція, доза – відповідь, невизначеність.

Методичним результатом дослідження є узгодження обсягу висновків із доказовою спроможністю вихідних даних. Регуляторна відповідність окремої проби, скринінговий профіль повторюваних небезпек і кількісна оцінка індивідуального ризику розглядаються як різні рівні, для яких потрібні різні масиви спостережень.

Апробація схеми на матеріалах Миколаївської області показала, що архівні фізико-хімічні й статусні мікробіологічні дані придатні для типізації ділянок, виявлення несприятливих епізодів і планування моніторингу. Водночас вони не дають підстав прирівнювати природну солонуватість до техногенного забруднення або подавати невалідівовані розрахунки як точну ймовірність інфікування.

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні пріоритетів моніторингу. Для «Стрілки» та «Чайки» першочерговими є встановлення джерел органічної речовини, контроль ХСК і $БСК_5$, визначення електропровідності, солоності та режиму завислих речовин. Для всіх трьох ділянок необхідні регулярні визначення E. coli й кишкових ентерококів, оперативний повторний відбір після невідповідності та реєстрація погодних і гідрологічних умов.

4. Обговорення

4.1. Методичні обмеження та перспективи ризик-орієнтованої оцінки

Отримані результати потребують чіткого розмежування понять «небезпека» і «ризик». Виявлення перевищення нормативу, повторюваної мікробіологічної невідповідності або підвищеної частоти несприятливих епізодів засвідчує потенційну епідеміологічну небезпеку рекреаційної ділянки. Водночас ці показники не визначають індивідуальну ймовірність інфікування чи захворювання конкретного відвідувача. Така ймовірність залежить не лише від якості води, а й від тривалості контакту, випадково проковтнутого об'єму, частоти купання, віку, стану здоров'я та властивостей конкретного патогену. Тому частки повідомлень із невідповідністю і довірчі інтервали в цьому дослідженні варто трактувати як показники повторюваності небезпечних ситуацій, а не як частку осіб, які можуть захворіти.

Найсуттєвішим інформаційним обмеженням є неоднорідність мікробіологічних рядів. Архівні повідомлення за окремі дати 2018, 2021 та 2024 років містять переважно ЛКП, коліфаги й окремі абсолютні значення, тоді як матеріали 2025–2026 років часто подають лише інтегральний статус відповідності або кратність перевищення. ЛКП можуть використовуватися для історичного зіставлення та виявлення фекального забруднення, але вони не є еквівалентом концентрації конкретного патогену й не повністю відповідають сучасній системі довгострокової класифікації за E. coli та кишковими ентерококами. Відсутність рівномірного чотирисезонного ряду не дозволяє ретроспективно присвоювати ділянкам формальні класи якості води для купання.

Експоненційна залежність виду $P = 1-\exp(-rd)$ є одним із можливих типів дозо-реакційних моделей, однак її застосування є коректним лише тоді, коли d означає фактично отриману дозу визначеного життєздатного патогену, а коефіцієнт r валідований для цього патогену й досліджуваного наслідку. Безпосереднє підставляння кількості індикаторних бактерій у фіксованому об'ємі проби означало б неявне припущення про обсяг проковтування та про те, що кожна індикаторна клітина є інфекційним збудником. Такі припущення наявними матеріалами не підтверджуються. Відповідно до посібника WHO, повна QMRA має охоплювати ідентифікацію небезпеки, оцінку експозиції, дозо-реакційний аналіз, характеристику ризику та явне представлення невизначеності[14].

[14] World Health Organization. Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management… 2016.

Окремого врахування потребують пропущені й неповні дані. Невизначений показник не можна прирівнювати до нульового, оскільки це створює систематичне заниження небезпеки. Так само нуль невідповідностей у п’яти доступних серіях 2026 року не означає нульового ризику: за малої вибірки верхня межа 95% довірчого інтервалу залишається широкою, а купальний сезон не завершений. Із цієї причини статусний ряд 2026 року розглянуто як оперативний сигнал, але не включено до міжрічного ранжування і не використано як доказ стійкого покращення.

Подібне розмежування необхідне для фізико-хімічних показників. Перевищення порогового значення ХСК або іншого показника визначає пріоритет контролю та пошуку джерел навантаження, але саме собою не дорівнює імовірності токсичного ефекту. Для повної оцінки хімічного ризику потрібні концентрації окремих речовин, сценарії випадкового ковтання та дермального контакту, частота й тривалість експозиції, маса тіла, біодоступність і токсикологічні референтні величини. Для лиманно-гирлових вод додатково необхідно відокремлювати природну мінералізацію від антропогенного внеску, щоб не трактувати сухий залишок, хлориди й сульфати як автоматичні докази небезпечного хімічного забруднення.

Описові результати також мають обмежені межі узагальнення. Нерівномірна щільність відбору, мала кількість проб на «Стрілці» та «Чайці», відсутність частини первинних протоколів і широкі інтервали для мікробіологічних часток не дозволяють сформувати незмінний рейтинг пляжів. Найбільш надійними є висновки про відмінність гідрохімічних типів, повторювані короткочасні епізоди та необхідність подієвого моніторингу.

Запропонована трирівнева система відповідає фактичній доказовій силі даних. Перший рівень – регуляторна оцінка – установлює відповідність конкретної проби або довгостроковий клас за повного нормативного ряду. Другий рівень – скринінговий профіль небезпек – узагальнює частоту та кратність перевищень, повторюваність епізодів, потенційні джерела та гідрометеорологічний контекст. Саме ці два рівні реалізовано в цьому дослідженні. Третій рівень – кількісна оцінка ризику – має вводитися лише після формування патогеноспецифічного й експозиційного масиву та не повинен підмінятися механічним перерахунком індикаторних показників у відсоток захворювання.

Перспективна QMRA для рекреаційних вод Миколаївської області повинна бути сценарною і ймовірнісною. Доцільно передбачити окремі сценарії для дітей і дорослих, звичайного й інтенсивного купання, фонових умов і періодів після опадів або аварійних скидів. Поряд з E. coli та кишковими ентерококами необхідні визначення пріоритетних

референтних патогенів або обґрунтовані співвідношення між індикаторами й патогенами. Розподіли концентрацій, обсягу проковтування та частоти контактів варто включати до моделювання Монте-Карло, а результати подавати з інтервалами невизначеності й аналізом чутливості. Такий дизайн дасть змогу перейти від характеристики потенційної небезпеки до науково обґрунтованої оцінки ризику для здоров'я населення.

4.2. Практичні рекомендації щодо ризик-орієнтованого моніторингу

Кожна рекреаційна ділянка повинна мати паспорт із точними координатами створу, описом водозбору, схемою водообміну, переліком потенційних джерел забруднення та історією короткочасних епізодів. Базова програма має включати нормативно визначену кількість проб протягом купального сезону й додатковий відбір після сильних опадів, аварійних скидів, різких змін рівня або температури води. Разом із лабораторними показниками необхідно реєструвати опади, вітер, температуру, рівень води, прозорість і електропровідність.

Мікробіологічний блок варто будувати навколо E. coli та кишкових ентерококів як ключових індикаторів води для купання. ЛКП і коліфаги можуть зберігатися як додаткові показники для зіставлення з історичним рядом, але не мають замінювати сучасні критерії. У разі невідповідності необхідно повторити відбір у скорочений строк, обстежити можливі джерела фекального забруднення, стан зливової та господарсько-побутової каналізації та погодні умови. Відновлення безпечного статусу має підтверджуватися повторною серією проб.

Для лиманно-гирлових ділянок треба включити електропровідність або солоність та основні іони, щоб відокремлювати природний гідрохімічний фон від антропогенного внеску. Для завислих речовин необхідний синхронний фоновий відбір. Подієвий аналіз доцільно проводити із часовими лагами 1–7 діб між опадами, вітром, рівнем води та зміною ХСК, завислих речовин і мікробіологічного статусу.

Повідомлення для населення має містити дату й час відбору, точну назву ділянки, визначені показники, абсолютні значення і одиниці вимірювання, нормативний критерій, статус відповідності та чітку рекомендацію щодо купання. Використання лише кратності без абсолютної концентрації ускладнює наукову перевірку та порівняння між роками. Лабораторна відповідність води водночас не має автоматично ототожнюватися із загальним дозволом на купання, оскільки управлінське рішення може враховувати воєнні, гідрометеорологічні й інші безпекові обмеження.

4.3. Перспективи подальших досліджень

Найближчим пріоритетом є формування стандартизованого ряду абсолютних концентрацій E. coli та кишкових ентерококів із нормативною сезонною частотою відбору. Для лиманно-гирлових акваторій його варто доповнити електропровідністю або солоністю, основними іонами та синхронними фоновими пробами завислих речовин. Просторове розширення мережі доцільно здійснювати за гідрохімічними типами вод: додаткова річкова ділянка Південного Бугу, лиманно-морська ділянка в районі Очакова й одна з ділянок Березанського або Тилігульського лиману можуть бути включені лише за зіставних методик і частоти відбору.

Після накопичення повних датованих рядів доцільно виконати подієвий аналіз із часовими лагами 1–7 діб між опадами, вітром, рівнем води та змінами ХСК, завислих речовин і мікробіологічного статусу. Перехід до QMRA для дітей і дорослих потребуватиме патогеноспецифічних концентрацій, експозиційних розподілів і дозо-реакційних моделей; кілька повних сезонів також створять основу для розроблення та незалежної перевірки моделі раннього попередження.

ВИСНОВКИ

1. Ризик-орієнтоване оцінювання рекреаційних вод має поєднувати нормативну перевірку конкретних проб, характеристику повторюваних небезпек, відомості про джерела забруднення та умови експозиції населення.

2. Описове зіставлення 58 фізико-хімічних проб підтвердило відмінність прісноводної ділянки «Райдуга» від лиманно-гирлових ділянок «Стрілка» та «Чайка». Високу мінералізацію миколаївських акваторій не можна автоматично трактувати як техногенне забруднення без даних про солоність, водообмін і природний фон.

3. Підвищені значення ХСК і завислих речовин на миколаївських ділянках визначають пріоритети додаткового контролю, однак інтегральні фізико-хімічні показники самі собою не характеризують індивідуальний ризик для здоров’я та потребують уточнення джерел і гідродинамічного контексту.

4. Мікробіологічні невідповідності мали короткочасний епізодичний характер. У 2025 році їх зафіксовано на всіх трьох об’єктах, а в п’яти доступних серіях 2026 року до 16 липня невідповідностей не зареєстровано; незавершеність сезону не дозволяє робити висновок про довгострокове покращення.

5. Архівні значення ЛКП придатні для виявлення історичних епізодів фекального забруднення, але не є тотожними концентраціям E. coli за

чинними нормативами і не забезпечують ретроспективного присвоєння сучасного класу води для купання.

6. Отримані результати характеризують потенційну епідеміологічну небезпеку та повторюваність несприятливих ситуацій, але не індивідуальну ймовірність інфікування або захворювання. Повна QMRA потребує патогеноспецифічних концентрацій, експозиційних параметрів і валідованих дозо-реакційних моделей.

7. Запропонована трирівнева схема розмежовує регуляторну відповідність, скринінговий профіль небезпек і кількісну оцінку ризику та може бути використана для планування моніторингу, повторних відборів і оперативного інформування населення.

АНОТАЦІЯ

Обґрунтовано методичні засади ризик-орієнтованого оцінювання рекреаційних вод і апробовано їх на ділянках «Райдуга», «Стрілка» та «Чайка» у Миколаївській області. Фізико-хімічний масив охоплює 58 проб за 2018, 2021 і 2024 роки, а мікробіологічний блок – архівні результати за окремі дати 2018, 2021 та 2024 років, завершений ряд офіційних повідомлень за 2025 рік і п’ять оперативних серій 2026 року до 16 липня. Описове зіставлення показало відмінність прісноводної річкової та лиманно-гирлових ділянок за мінералізацією, ХСК і завислими речовинами, що потребує врахування природного типу водного об’єкта. Мікробіологічні невідповідності характеризувалися короткочасною внутрішньосезонною мінливістю; відсутність невідповідностей у доступних серіях 2026 року не є достатньою підставою для висновку про довгострокове покращення. Показано, що архівні значення ЛКП і статусні повідомлення придатні для скринінгової характеристики небезпеки, але не забезпечують точного розрахунку індивідуальної імовірності захворювання. Запропоновано трирівневу схему оцінювання, яка розмежовує регуляторну відповідність, скринінговий профіль небезпек і повну кількісну оцінку ризику за наявності патогеноспецифічних і експозиційних даних. Результати обґрунтовують диференційовані пріоритети моніторингу й оперативного інформування населення.

Література

1. Хільчевський В. К. Оцінювання якості рекреаційного водного середовища: світові тенденції, рекомендації ВООЗ, директива ЄС щодо води для купання. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2021. № 4 (62). С. 6–17. DOI: 10.17721/2306-5680.2021.4.1

2. Guidelines on Recreational Water Quality / World Health Organization. Volume 1 : Coastal and Fresh Waters. Geneva : WHO, 2021. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302 (дата звернення: 20.07.2026).

3. Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006L0007 (дата звернення: 20.07.2026).

4. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води для купання : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 3 грудня 2024 року № 2005. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1958-24 (дата звернення: 20.07.2026).

5. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Водні об'єкти України: якість води та рекреація. *Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів.* 2024. Спеціальний випуск. С. 38–43. DOI: 10.17721/2786-4561.2024.4.special-5/19

6. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 2 травня 2022 року № 721. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0524-22 (дата звернення: 20.07.2026).

7. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Особливості нормативного оцінювання якості води водних об'єктів для рекреаційних цілей в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2022. № 1 (63). С. 40–53. DOI: 10.17721/2306-5680.2022.1.4

8. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води : навчальний посібник. Київ : ДІА, 2022. 240 с.

9. World Health Organization. Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management. Geneva : WHO, 2016. 204 p. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241565370 (дата звернення: 20.07.2026).

10. Якість води у водоймах і річках у межах пляжів станом на 16 серпня 2024 року / Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-u-vodoymakh-i-richkakh-u-mezhakh-plyazhiv-monitoring-vodnikh-obektiv-5 (дата звернення: 20.07.2026).

11. Результати моніторингових досліджень якості води на пляжах Миколаївщини / Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб. 30 серпня 2024 року. URL: https://mk.cdc.gov.ua/news/rezultaty-monitoryngovyh-doslidzhen-yakosti-vody-na-plyazhah-mykolayivshhyny/ (дата звернення: 20.07.2026).

12. Якість води на пляжах України станом на 29 серпня 2025 року / Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-na-plyazhakh-ukraini-stanom-na-29-serpnya-de-bezpechno-kupatisya (дата звернення: 20.07.2026).

13. Якість води на пляжах України станом на 16 липня 2026 року / Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: https://phc.org.ua/news/yakist-vodi-na-plyazhakh-ukraini-stanom-na-16-lipnya-de-bezpechno-kupatisya (дата звернення: 20.07.2026).

Information about the author:
Magas Nataliia,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Ecology
and Environmental Technologies
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
9, Heroes of Ukraine Avenue, Mykolaiv, Ukraine