

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-44-07>

УДК(UDC): 504.4.54

С. М. ЮРАСОВ¹, канд. техн. наук, доц.,

доцент кафедри екології та охорони довкілля

e-mail: urasen54@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4312-249X>

В. В. ТЕРЗЕМАН¹,

аспірант кафедри екології та охорони довкілля

e-mail: mikymailz@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-2298-1003>

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ВОДНОЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ ПРИ НОРМУВАННІ СКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ІЗ СТИЧНИМИ ВОДАМИ

Мета. Розробка науково обґрунтованих пропозицій щодо врахування умов Водної рамкової директиви Європейського Союзу і планів управління річковими басейнами при розрахунку гранично допустимих скидів забруднювальних речовин із стічними водами за вітчизняними методиками.

Методи. Статистичні, а також методи математичного моделювання та прогнозування.

Результати. Згідно з положеннями Водної рамкової директиви і на початковому етапі планів управління річковими басейнами якість вод у водному об'єкті за певний минулий період вважається такою, що відповідає вимогам норм ЄС, якщо імовірність перевищення (забезпеченість) нормативів за кожним показником не перевищує заданого обмеження F . Виходячи з цього, запропоновано здійснювати нормування, а також пов'язані з ним оцінку та прогнозування якості поверхневих вод за показниками із забезпеченістю F . Такий підхід забезпечує узгодження вітчизняних методик згаданих розрахунків з вимогами законодавства ЄС. Запропоновані положення перевірені на прикладі аналізу часової мінливості показників якості вод річок Дунай (за даними спостережень протягом 2015–2024 рр.) і Дністер (за даними ретроспективних спостережень 2001–2017 рр.). Показано, що при використанні середніх значень показників часто не виконуються вимоги Водної рамкової директиви і планів управління річковими басейнами оскільки забезпеченість цих значень може суттєво перевищувати встановлені обмеження по частоті перевищень ГДК. Для поступового досягнення «доброго стану» масивів поверхневих вод при нормуванні скидів забруднювальних речовин із стічними водами в якості розрахункових (фонових) доцільно використовувати значення показників із забезпеченістю 10%, 5% і 2,5%. При цьому за наявності часових трендів показників необхідно виконувати прогнозування їх значень для забезпечення вимог Водної рамкової директиви особливо при позитивних трендах.

Висновки. За вимогами Водної рамкової директиви і планів управління річковими басейнами для поступового досягнення доброго стану масивів поверхневих вод на початковому етапі значення F доцільно приймати рівними 10%, 5% і 2,5%. Нормування скидів забруднювальних речовин доцільно здійснювати з урахуванням часових трендів показників, оскільки ігнорування позитивного тренду призводить до завищення розрахункових значень, що є неприпустимим, тоді як наявність негативного тренду, навпаки, зумовлює їх зниження, що є прийнятним з позицій охорони довкілля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: оцінка якості вод, гранично допустимий скид, фонові характеристики, директиви ЄС, прогноз якості вод

Як цитувати: Юрасов С. М., Терзема В. В. Забезпечення вимог Водної рамкової директиви при нормуванні скидів забруднюючих речовин із стічними водами. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2025. Вип. 44. С. 94–107. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-44-07>

In cites: Yurasov, S. M., & Terzeman, V. V. (2025). Ensuring compliance with the Water Framework Directive when regulating pollutant discharges into wastewater. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (44), 94–107. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-44-07> (in Ukrainian)

Вступ

На даний час актуальним питанням в області охорони довкілля є оцінка якості води.

Ця процедура є ключовою при розв'язанні широкого кола екологічних проблем, зокрема під

© Юрасов С. М., Терзема В. В., 2025



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

час регулювання скидів забруднюючих речовин із стічними водами, оскільки в процесі розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) оцінюється не лише якість фоновому стану водотоку або водойми, але й якість вод у контрольному створі відповідного скиду. В контексті перевірки дотримання вимог норм Європейського Союзу в перспективному періоді оцінювання якості води тісно пов'язане з її прогнозуванням, що передбачає врахування часової мінливості показників якості води.

Сучасна водна політика ЄС базується на Водній Рамковій Директиві (*Directive 2000/60/EC*) [1]. Вона (як й інші директиви) є обов'язковою щодо кінцевого результату: «добрий екологічний і хімічний стани» усіх масивів поверхневих вод (МПВ) країн співваристства. Шляхи (форми та методи) досягнення зазначеного результату країни ЄС обирають самі та впроваджують їх у національне законодавство. Досягнення кінцевого результату поступове і складається з декількох шестирічних етапів (циклів). Країни, що не досягли доброго стану МПВ у 2015 році з природних, технічних та економічних причин, застосовують відстрочку і встановлюють інші цільові строки (стаття 4.4 *Directive 2000/60/EC*).

Directive 2000/60/EC (ВРД) замінила прийняті раніше директиви 75/440/ЄС [2], 76/160/ЄС [3], 78/659/ЄС [4], але у п. 1.4 Додатку II ВРД [1] зазначено, що (цитата) «Member States shall collect and maintain information on the type and magnitude of the significant anthropogenic pressures to which the surface water bodies in each river basin district are liable to be subject, in particular the following.

... based, inter alia, on information gathered under:...

... and for the purposes of the initial river basin management plan:...

(iv) *Directives 75/440/EC, 76/160/EEC, 78/659/EEC...*» (кінець цитати).

Тобто, згідно п. 1.4 Додатку II ВРД [1] для досягнення доброго екологічного та хімічного станів МПВ країни ЄС повинні збирати та зберігати інформацію про *тип і масштаб* суттєвих антропогенних навантажень на поверхневі водні об'єкти від зосереджених і дифузних джерел впливу на *початковому етапі (циклі)* управління річковим басейном відповідно деяких директив, прийнятих раніше, у тому числі й *Directives 75/440/EC, 76/160/EEC, 78/659/EEC*.

Згадане положення є логічним, оскільки, на *початковому етапі* досягнення

доброго стану МПВ доцільно збирати та використовувати зібрану інформацію про стан МПВ, враховуючи прийняті раніше нормативні документи. Таким чином, відповідно до ВРД й *Directives 75/440/EC, 76/160/EEC, 78/659/EEC* [2–4], серед іншого, існувала та збиралася інформація про оцінювання якості води на основі аналізу частоти перевищень встановлених нормативів за окремими показниками. Ця інформація мала бути врахована також у контрольних створах (КС) під час розрахунку ГДС забруднювальних речовин із стічними водами.

Крім того, при досягненні доброго стану МПВ відповідно з розділом 1.3.4 Додатку V до ВРД для забезпечення приємного рівня достовірності та точності відповідності показників якості води їх нормативам (MAC-EQS) країни ЄС *можуть вводити статистичні методи* згідно процедури у статті 9(2) *Directive 2008/105/EC* [5]. У директивах пропонується використання процентилів, які по суті рівнозначні таким характеристикам розподілу випадкової величини, як перцентиль та забезпеченість деякого її значення.

Статистичні методи зручні коли йдеться про обмеження кількості перевищень нормативів (H) за показниками якості води, а також про умову відсутності таких перевищень. Це жорстке обмеження вимагає ВРД на завершальних етапах досягнення доброго стану МПВ. Оскільки, теоретично завжди існує ймовірність (ризик) перевищення H , то в якості обмеження F доцільно прийняти верхню (праву) межу 95% довірчого інтервалу (правило «двох сигм»), який широко використовується в практиці інженерних розрахунків, як імовірнісна характеристика діапазону значень випадкової величини. Цією межею є значення випадкової величини забезпеченості 2,5% (або перцентиль 97,5%).

Намір України інтегруватися до Європейського Союзу зумовлює необхідність гармонізації національного законодавства, зокрема у сфері охорони навколишнього природного середовища, із законодавством ЄС.

В Україні вже зроблені кроки впровадження основних положень ВРД: розроблені плани управління річковими басейнами (ПУРБ) на *початковий період 2025–2030 р.р.*, зокрема, Дунаю (трьох суббасейнів: Нижнього Дунаю; Пруту та Серету; Тиси), річок Причорномор'я, Дністра та інш. У цих планах «*на першому етапі до 2030 року*» прийняти шляхи вживання заходів щодо «*збереження доброго стану МПВ, де він існує сьогодні, та покращення стану до*

доброго для 5% МПВ», а також «досягнення доброго стану всіх МПВ до 2042 року» (на другому і третьому шестирічних етапах). Тобто, закінчення *першого етапу* поступового досягнення доброго стану МПВ для України заплановано на 2030 рік.

Таким чином, використання в Україні деяких директив, прийнятих раніше (у тому числі: Directives 75/440/EC, 76/160/EEC, 78/659/EE) до 2030 року не суперечить вимогам ВРД. У такому разі, на першому етапі досягнення доброго стану МПВ зниження антропогенного навантаження (нормування скидів ЗР із стічними водами) повинно бути теж поступовим, починаючи з втілення в життя менш жорстких умов (наприклад, $F = 10, 5, 2,5\%$).

Аналіз наукових публікацій останніх років свідчить про відсутність досліджень з використання статистичних методів, спрямованих на вдосконалення національних методик нормування якості вод відповідно до вимог ВРД і ПУРБ. Зокрема, у працях [6–8] розглянуто питання відповідності українського правового регулювання скидів ЗР європейському, однак не приділено уваги технічним аспектам; у джерелі [9] проаналізовано підходи до оцінювання якості вод із використанням комплексних індексів у країнах ЄС; у роботах [10–12] досліджено вплив скидів ЗР із

стічними водами на стан довкілля; у [13] розглянуто питання екологічного нормування якості вод; а у [14] досліджується скид із стічними водами ЗР з ефектом сумарної дії та виконується пошук оптимального рішення на основі цільової функції, що враховує експлуатаційні та капітальні затрати на очищення.

У зв'язку з наведеним, метою даного дослідження є розробка науково обґрунтованих пропозицій щодо поступового зниження антропогенного навантаження на МПВ в частині нормування скидів ЗР із стічними водами згідно ВРД і *початкового етапу* вітчизняного ПУРБ.

Завдання дослідження: аналіз часової мінливості показників якості вод, визначення параметрів часових трендів показників і параметрів законів їх розподілу; розрахунок значень показників з заданою забезпеченістю, внесення пропозицій щодо удосконалення вітчизняних методик оцінки якості вод і нормування скидів забруднюючих речовин відповідно вимог норм країн ЄС; виконання прикладів розрахунків.

Наукова новизна дослідження полягає в пропозиції використання значень показників якості води з заданою забезпеченістю як фонових при нормуванні скидів забруднюючих речовин із стічними водами.

Матеріали та методи дослідження

Оцінка якості вод. Оцінювання якості води згідно директив ЄС здійснюється методом детального аналізу. Сутність цього методу полягає у порівнянні фактичних значень кожного показника якості води із відповідним нормативним значенням. Показники якості води можуть бути розмірними або безрозмірними. До розмірних належать, зокрема, концентрації окремих речовин, таких як нітрит-іони (NO_2^-), фосфат-іони (PO_4^{3-}), іони марганцю (Mn^{2+}) тощо, що виражаються у міліграмах на дециметр кубічний (мг/дм^3). Безрозмірними є співвідношення концентрацій іонів у еквівалентах, наприклад, натрію ($r\text{Na}^+$) і магнію ($r\text{Mg}^{2+}$) з кальцієм ($r\text{Ca}^{2+}$), які позначаються коефіцієнтами k_{Na} і k_{Mg} та використовуються для характеристики здатності іригаційних вод спричинити натрієве чи магнієве осолонцювання ґрунтів [15–17]. Крім того, показник ψ , який визначається як сума відношень значень показників із однакою лімітуючою ознакою шкідливості (ЛЮШ) до їх нормативів, застосовується для кількісної оцінки

вмісту речовин, що мають ефект сумарної дії [18].

Умови відповідності вимогам норм мають вигляд [19]:

$$C_i \leq H_i. \quad (1)$$

$$\psi = \sum (C_i/H_i) \leq 1. \quad (2)$$

де C_i – значення i -ого показника (концентрація речовини); H_i – норматив i -ого показника.

Згадані іригаційні вимоги наступні:

$$k_{\text{Na}} = r\text{Na}^+/r\text{Ca}^{2+} \leq 1,0; \quad (3)$$

$$k_{\text{Mg}} = r\text{Mg}^{2+}/(r\text{Ca}^{2+} + r\text{Mg}^{2+}) \leq 0,50 \quad (4)$$

$$\text{або} \quad k_{\text{Mg}} = r\text{Mg}^{2+}/r\text{Ca}^{2+} \leq 1,0. \quad (5)$$

Вимога (4), запропонована Szabolch I. та Darab K. [17], набула широкого практичного застосування, однак легко може бути трансформована у вираз (5). На думку авторів даного дослідження, саме формула (5) є більш зручною для використання та інтерпретації, оскільки вона відображає очевидне

співвідношення: у складі іригаційних вод концентрація іонів магнію, виражена в еквівалентах, не повинна перевищувати концентрацію іонів кальцію.

Оцінювання якості води за певний ретроспективний період на *першому етапі* досягнення доброго стану МПВ відповідно до ВРД і директив [2–4] здійснюється шляхом визначення кількості випадків перевищення нормативів (H) для кожного показника. При використанні статистичних методів дослідження говорять про імовірність перевищення (забезпеченість) H . Якість води вважається такою, що відповідає нормам, якщо забезпеченість H не більше встановленого обмеження F за аналізований період.

Обмеження F може набувати значення 10% (за санітарними нормами) або 5% (за рибогосподарськими) [2–4]. Якщо використовується умова не перевищення H , то F доцільно прийняти 2,5% (див. вище). Ця умова може бути ще більш жорсткою – 0,15%, орієнтуючись на правило не двох, а «трьох сигм». Оцінювання якості води відповідно до вимог ЄС може бути виконано за умови використання значень показників із забезпеченістю F (C_F) [18, 19]: якщо C_F не більше H , то ризик його перевищення буде не більше за F .

У чинних вітчизняних нормативних документах подібне обмеження відсутнє – найчастіше оцінювання здійснюється за середніми значеннями показників (C_{CER}). Однак у цьому випадку, навіть за виконання умов (1) і (2), ризик перевищення H може досягати 50%, якщо C_{CER} наближаються до H та збігаються з ним.

Часова мінливість показників може проявляти стійку тенденцію (тренд) як у бік зниження, так і у бік підвищення. Внаслідок цього оцінка якості води, виконана на основі даних минулих періодів, не завжди є релевантною для майбутнього стану водного об'єкта. Тому для забезпечення достовірності результатів у майбутньому необхідно здійснювати прогнозування значень показників якості води з урахуванням їх часових трендів.

Прогноз якості вод. Прогнозоване значення показника якості води у момент часу j з забезпеченістю F при часовому тренді можна визначити за формулою (6) [20, 21]

$$C_{Fij} = a_i \cdot \exp(jb_i) \cdot \text{LOGNORMINV}(1-F; 0; \check{G}_{HTi}), \quad (6)$$

де C_{Fij} – значення i -го показника якості води забезпеченістю F в момент часу j ;

a_i і b_i – параметри лінії тренду i -го показника;

j – момент часу (дата, або порядковий номер місяця при щомісячних спостереженнях);

$\text{LOGNORMINV}()$ – оператор в табличному редакторі *Excel*;

F – забезпеченість значення показника;

0 і $\check{G}_{HTi}$ – параметри логнормального закону розподілу показника якості води, при умові, що його значення нормовані по лінії експоненціального тренду [18, 19].

Оператор $\text{LOGNORMINV}()$ за імовірністю (P) і параметрами розподілу (μ , σ) повертає значення x випадкової величини X , імовірність якого дорівнює P . Теоретичну формулу для логнормального розподілу можна записати у наступному вигляді

$$P(X \leq x) = \int_0^x \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (7)$$

При слабкому часовому тренді або його відсутності значення показника забезпеченістю F у минулому і майбутньому можна вважати постійним (незалежним від часу), воно може бути розраховано за наступною формулою [20, 21]

$$C_{Fi} = \text{LOGNORMINV}(1-F; \check{C}_i; \check{G}_i), \quad (8)$$

де $\check{C}_i$ і $\check{G}_i$ – параметри логнормального розподілу i -го показника.

Параметрами логнормального закону розподілу показника якості води $\check{C}_i$ і $\check{G}_i$ є відповідно середнє і середньоквадратичне відхилення його логарифмованих значень.

Інформація про параметри закону розподілу показника якості води дозволяє виконувати оцінку якості води відповідно вимог норм двома способами: за співвідношеннями (1) і (2) з використанням C_F , а також за ймовірністю перевищення (забезпеченістю) нормативу, яку можна назвати ризиком погіршення якості води (R_H) за деяким показником [21]. При часовому тренді показника R_H розраховується за формулою (9), а при відсутності тренду – (10) [21]:

$$R_{Hij} = 1 - \text{LOGNORMDIST}(H_i / (a_i \cdot \exp(j \cdot b_i)); 0; \check{G}_{NTi}), \quad (9)$$

$$R_{Hi} = 1 - \text{LOGNORMDIST}(H_i; \check{C}_i; \check{G}_i), \quad (10)$$

де: R_{Hi} – ризик погіршення якості води за i -м показником; H_i – норматив i -го показника.

При R_H більш F якості води не відповідає вимогам норм, у протилежному випадку – відповідає

$$R_{Hi} \leq F. \quad (11)$$

Нормування якості вод. У статті 4 *Directive 2008/105/EC* зазначається, що (цитата) «1. Member States may designate mixing zones adjacent to points of discharge. Concentrations of one or more substances listed in Part A of Annex I may exceed the relevant EQS within such mixing zones if they do not affect the compliance of the rest of the body of surface water with those standards» (кінець цитати). Тобто, країни-члени ЄС можуть самі визначати зони змішування, прилеглі до точок скиду стічних вод. У цих зонах концентрації речовин, перелічених в частині А Додатку I *Directive 2008/105/EC*, можуть перевищувати нормативи. Вони повинні бути включеними в плани ПУРБ, розроблені згідно статті 13 ВРД, у подальшому країни ЄС повинні скорочувати ці зони. Таким чином, згідно *Directive 2008/105/EC* припускається перевищення нормативів забруднюючих речовин в стічних водах при досягнення доброго стану МПВ. Зменшення антропогенного навантаження виконується поступово.

Під час скидів забруднюючих речовин (ЗР) із стічними водами у водні об'єкти різного призначення якості води у контрольних створах також повинна відповідати вимогам ВРД. Однак існуючі методичні рекомендації [22, 23] щодо розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) ЗР не дозволяють перевірити виконання цих умов через відсутність відомостей про імовірнісні характеристики фонових значень показників якості води. Згідно з [22], за фонове приймається верхня межа 95% довірчого інтервалу імовірних середніх значень показника за найгірші з точки зору якості гідрохімічні або гідрологічні сезони року. Дану проблему можна вирішити, якщо за фонові брати значення показників забезпеченості F . У цьому випадку

розрахунок ГДС ЗР дозволяє визначити таке значення концентрації речовини в стічних водах ($C_{ГДС}$), при якому забезпеченість (ризик перевищення) H за кожним показником якості води у контрольному створі у майбутньому буде не більше F (за умови постійного скиду ЗР у часі), оскільки додавання константи до випадкової величини не змінює її варіації. У разі наявності часових трендів показників якості води значення фонових характеристик можуть бути прогнозовані за формулою (6).

Таким чином, формулу розрахунку гранично допустимої для скиду концентрації консервативної речовини в стічних водах ($C_{ГДС}$) [23] у водні об'єкти можна записати у наступному вигляді (12)

$$C_{ГДС} = n \cdot (H_i - C_{iF}) + C_{iF}, \quad (12)$$

де n – кратність розбавлення стічних вод у контрольному створі;

C_{iF} – значення показника забезпеченості F , прийняте як фонове.

Для групи консервативних речовин з ефектом сумарної дії [24] формула розрахунку гранично допустимого для скиду значення показника в стічних водах буде записана так (13)

$$\Psi_{ГДС} = n \cdot (1 - \Psi_F) + \Psi_F, \quad (13)$$

де $\Psi_{ГДС}$ – гранично допустиме для скиду значення показника Ψ у стічних водах;

1 – норматив показника Ψ ;

Ψ_F – значення показника Ψ забезпеченості F , прийняте як фонове.

Значення показника Ψ за кожен строк спостережень розраховується за формулою (2), потім (як й інших показників) досліджується часова мінливість з визначенням усіх необхідних характеристик.

Формули (12) і (13) дозволяють розраховувати такі значення показників у стічних водах, при яких в КС у майбутньому виконуватиметься вимога (11).

Результати дослідження

У дослідженні використано результати спостережень Басейнового управління водними ресурсами на річках: Дунай (м. Кілія питний водозабір) за період 2015-2025 рр.; Дністер (с. Біляївка) за ретроспективний

період 2001–2017 років (на жаль, отримати дані за необхідними показниками після 2017 року не вдалося). Однак, з огляду на мету даного дослідження: пропозиція шляху вдосконалення вітчизняної методики розрахунку

ГДС речовин із стічними водами для забезпечення вимог ВРД і планів ПУРБ при досягненні доброго стану МПВ в КС в майбутньому – цей ряд теж можна використовувати для демонстрації обґрунтованості розроблених пропозицій.

Аналіз часової мінливості проведено за гідрохімічними, груповими та іригаційними показниками. У статті наводяться окремі результати досліджень, що підтверджують пропозиції авторів.

Оцінка і прогноз якості вод річок Дунай і Дністер. Результати обробки даних спостережень на Дунаї поміщені в табл. 1. У таблиці наведена інформація про значення показників: середні, забезпеченість $F=10\%$, 5% , $2,5\%$ та прогнозні на дату 31.12.2026 р.

Середній вміст фосфат-іонів (PO_4^{3-}) ($C_{СЕР}=0,22$ мг/дм³) у водах Дунаю протягом періоду спостережень (2015-2023 рр.) не перевищував рибогосподарський норматив ($H=1,2$ мг/дм³) (табл. 1). На рис. 1 нормативне значення показника знаходиться поза

графіком. Значення PO_4^{3-} забезпеченістю 10% , 5% і $2,5\%$ без врахування тренду ($C_F=0,38$, $0,46$ і $0,54$ мг/дм³) та при його врахуванні ($C_F=0,48$, $0,57$ і $0,66$ мг/дм³), а також прогнозні значення (виділено напівжирним шрифтом в табл. 1) теж не перевищують норматив. Це свідчить про те, що європейські вимоги щодо цього показника в минулому і у майбутньому виконуються. Але, до кінця 2030 року (прогнозна дата 31.12.2030) при збереженні тенденції (параметри тренду поміщені на рис. 1) значення показника $C_{2,5}$ досягне $1,17$ мг/дм³, тобто, практично буде дорівнювати нормативу. Звідси, після 2030 року вимога наступних етапів досягнення доброго стану МПВ згідно ВРД і ПУРБ – «відсутність перевищень нормативу», може бути порушеною. У такому випадку скиди стічних вод, що містять фосфат-іони з концентрацією вище нормативу, необхідно буде заборонити, і прийняти міри по зниженню потрапляння фосфат-іонів від зосереджених і дифузних джерел.

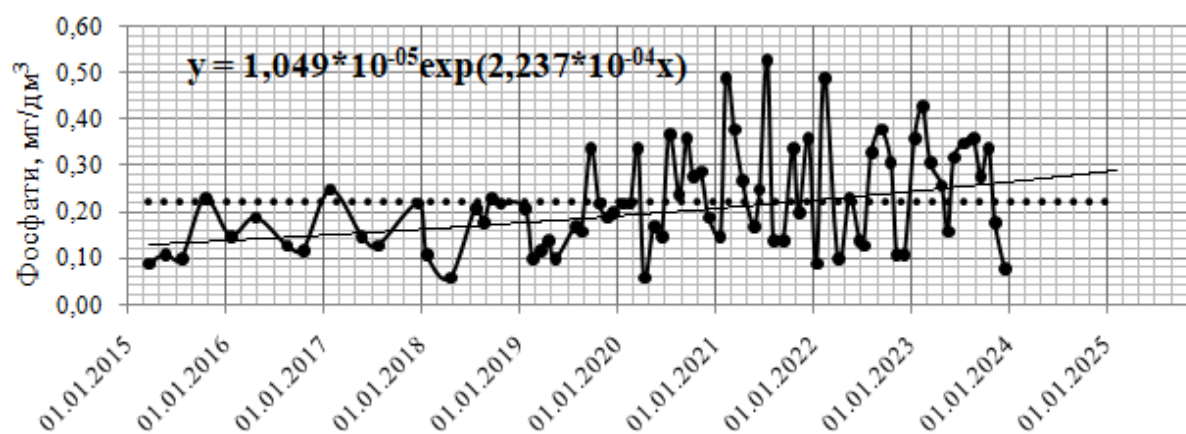
Таблиця 1

Показники якості вод річки Дунай та їх характеристики

Table 1

Water quality indicators for the Danube River and their characteristics

2015–2023 (PO_4^{3-})		$C_{СЕР}$	C_{10}	C_5	$C_{2,5}$	$C_{10ПР}$	$C_{5ПР}$	$C_{2,5ПР}$
$\bar{C}$	-1,619	0,224	0,379	0,456	0,535	-	-	-
$\bar{G}$	0,5069							
$\bar{C}_{HT}$	0							
$\bar{G}_{HT}$	0,4206							
2015–2024 (NO_2^-)		$C_{СЕР}$	C_{10}	C_5	$C_{2,5}$	$C_{10ПР}$	$C_{5ПР}$	$C_{2,5ПР}$
$\bar{C}$	-3,169	0,0504	0,098	0,124	0,152	-	-	-
$\bar{G}$	0,6571							
2015–2024 (NO_3^-)		$C_{СЕР}$	C_{10}	C_5	$C_{2,5}$	$C_{10ПР}$	$C_{5ПР}$	$C_{2,5ПР}$
$\bar{C}$	1,334	4,51	8,10	10,1	12,1	-	-	-
$\bar{G}$	0,5922							

Рис. 1 – Хронологічна мінливість показника PO_4^{3-} (р. Дунай, м. Кілія)Fig. 1 – Chronological variability of the PO_4^{3-} indicator (Danube River, Kilia)

Вміст нітрит-іонів (NO_2^-) та нітрат-іонів (NO_3^-) у водах Дунаю в середньому не перевищував рибогосподарські нормативи ($H=0,08$ мг/дм³ та 40 мг/дм³). Ці показники не мають часового тренду (рис. 2 і 3). Але, вміст NO_2^- у водах Дунаю не відповідає вимогам ВРД на першому етапі ПУРБ: усі $C_F=0,098, 0,12$ і $0,15$ мг/дм³ більше нормативу.

Стан вод Дунаю за вмістом нітрат-іонів відноситься до «доброго» (табл. 1).

Протягом періоду спостережень концентрація Mn^{2+} у водах Дністра (табл. 2) забезпеченістю 10%, 5% та 2,5% без урахування тренду у часі становила – 0,073, 0,088 та 1,03 мг/дм³. Це відповідає вимогам ВРД і ПУРБ на першому етапі досягнення доброго стану МПВ: C_{10} і C_5 не більше нормативу (0,1 мг/дм³). Але на других етапах досягнення доброго стану умови ВРД і ПУРБ не виконуються, оскільки $C_{2,5}=1,03$ мг/дм³ більше нормативу.

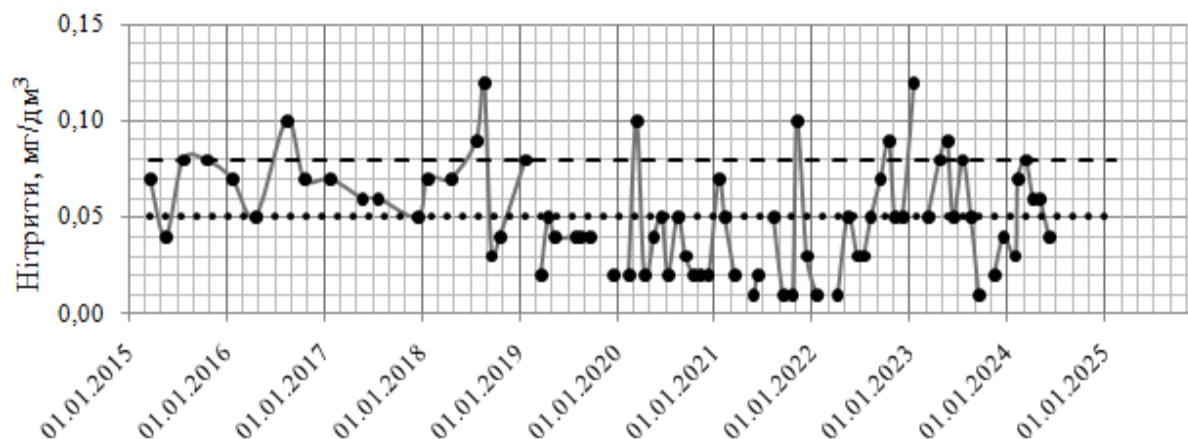


Рис. 2 – Хронологічна мінливість показника NO_2^- (р. Дунай, м. Кілія)

Fig. 2 – Chronological variability of the NO_2^- indicator (Danube River, Kilia)

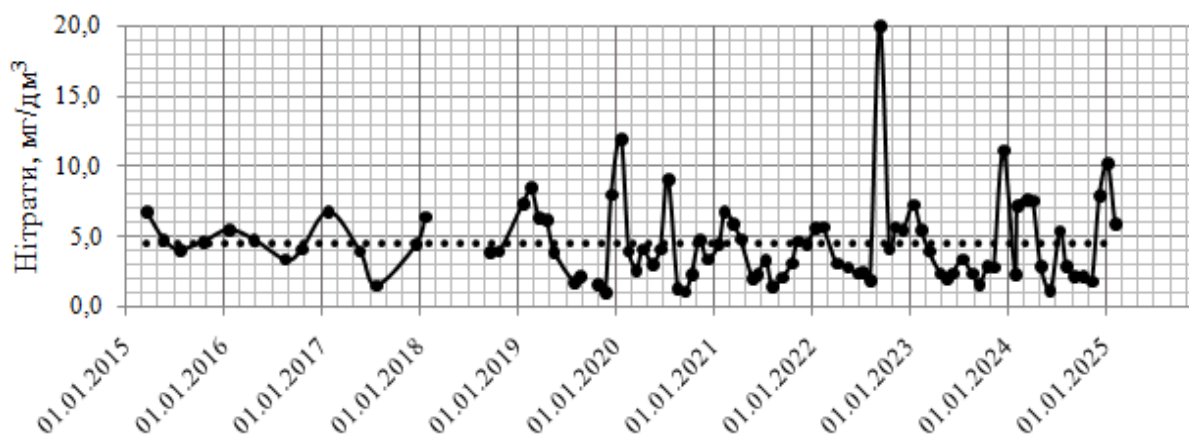


Рис. 3 – Хронологічна мінливість показника NO_3^- (р. Дунай, м. Кілія)

Fig. 3 – Chronological variability of the NO_3^- indicator (Danube River, Kilia)

Концентрація марганцю у водах Дністра має негативний тренд у часі (рис. 4). При його врахуванні прогностні значення показників C_{FPP} через два роки після завершення спостережень (момент часу 204) становлять 0,047, 0,055 та 0,065 мг/дм³, а прогностний ризик погіршення якості води (R_{FPP}) дорівнює 0,2%. Стан вод за цим показником – «добрий».

У водах Дністра вміст натрію, нітритів, алюмінію, фторидів та молібдену, що відносяться до групи санітарно-токсикологічних речовин із ефектом сумарної дії, відповідав вимогам ВРД і ПУРБ: значення показника їх сумарного впливу Ψ_{CTF} забезпеченістю 10%, 5% та 2,5% становили (табл. 2, рис. 5) 0,76, 0,82 та 0,90, що менше за нормативне значення 1,00.

Таблиця 2

Показники якості вод річки Дністер

Table 2

Waterquality indicators for the Dniester River

2001–2017 (Mn^{2+})		C_{CER}	C_{10}	C_5	$C_{2,5}$	C_{10PP}	C_{5PP}	$C_{2,5PP}$
$\bar{C}$	-3,273	0,0438	0,0729	0,0877	1,03	-	-	-
$\bar{G}$	0,5109							
$\bar{C}_{HT}$	0		0,0521	0,0620	0,0722	0,0466	0,0555	0,0652
$\bar{G}_{HT}$	0,4795							
2001–2017 (Ψ_{CT})		C_{CER}	C_{10}	C_5	$C_{2,5}$	C_{10PP}	C_{5PP}	$C_{2,5PP}$
$\bar{C}$	-0,5913	0,570	0,755	0,824	0,899	-	-	-
$\bar{G}$	0,2418							
2001–2017 (k_{Mg})		C_{CER}	C_{10}	C_5	$C_{2,5}$	C_{10PP}	C_{5PP}	$C_{2,5PP}$
$\bar{C}$	-0,5251	0,651	1,05	1,23	1,41	-	-	-
$\bar{G}$	0,4447							

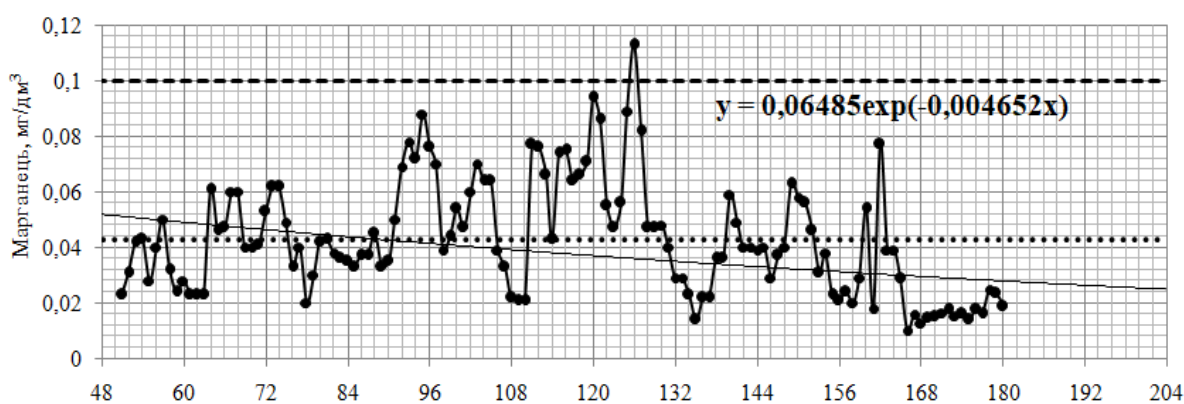
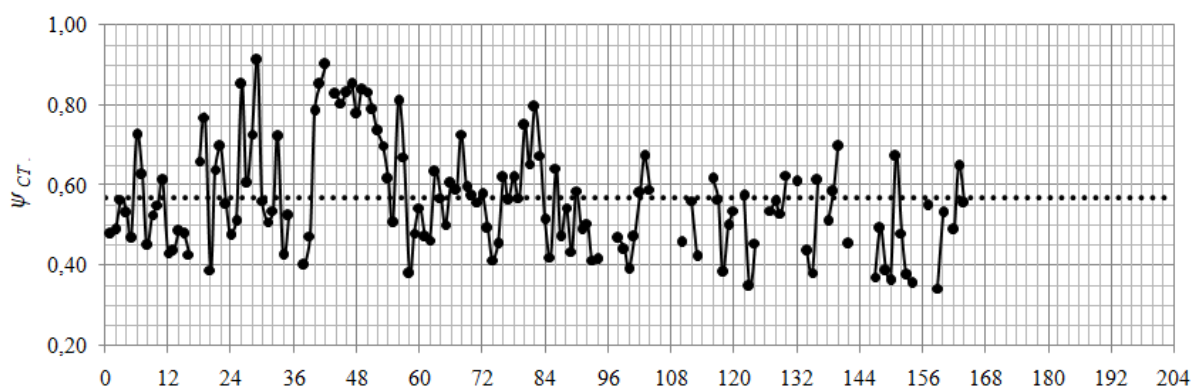


Рис. 4 – Хронологічна мінливість концентрації марганцю (р. Дністер, м. Біляївка)

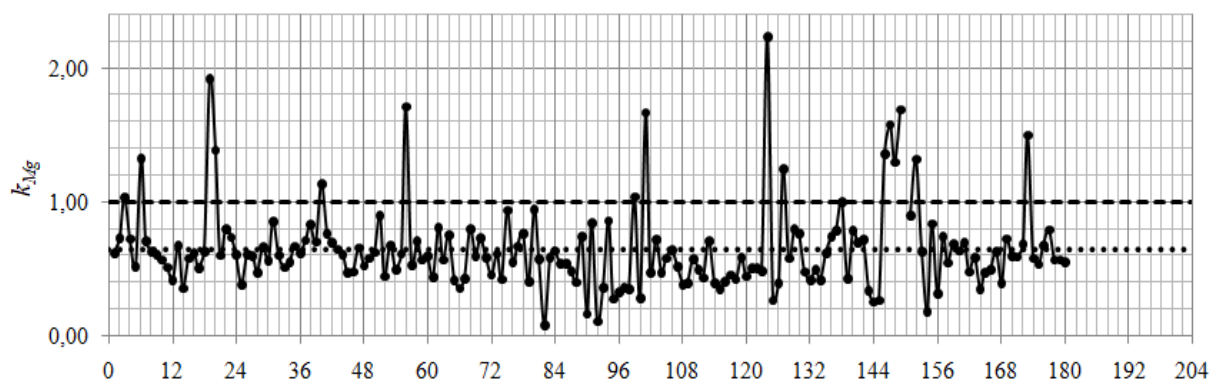
Fig. 4 – Chronological variability of the manganese concentration (Dniester River, Bilyayivka)

Рис. 5 – Хронологічна мінливість показника Ψ_{CT} (р. Дністер, м. Біляївка)Fig. 5 – Chronological variability of the Ψ_{CT} indicator (Dniester River, Bilyayivka)

За показником магнієвого осолонцювання k_{Mg} (рис. 6) якість вод Дністра не відповідає вимогам ВРД: усі значення показника розглянутої забезпеченості перевищують норматив (1,0).

Нормування якості вод річок Дунай і Дністер за деякими показниками. Приклад

розрахунку гранично допустимих для скиду значень розглянутих показників якості води у стічних водах приведений в табл. 3. Значення показників якості води (NO_2^- , NO_3^- , Ψ_{CT} та k_{Mg}) (табл. 3) забезпеченості F , прийняті як фонові, розраховані за формулою (7). Цей підхід є допустимим за відсутності або наявності слабко-

Рис. 6 – Хронологічна мінливість показника k_{Mg} (р. Дністер, м. Біляївка)Fig. 6 – Chronological variability of the k_{Mg} indicator (Dniester River, Bilyayivka)

Таблиця 3

Розрахунок гранично допустимих для скиду значень показників у стічних водах

Table 3

Calculation of maximum permissible values for wastewater discharge

р. Дунай, м. Кілія Danube River, Kilia									
Показник Indicator	H	C_{CER}	C_{10} (фон)	C_5 (фон)	$C_{2,5}$ (фон)	$C_{ГДС10}$	$C_{ГДС5}$	$C_{ГДС2,5}$	$C_{ГДС}$
PO_4^{3-}	1,20	0,224	0,615	0,729	0,846	2,96	2,61	2,26	4,13
NO_2^-	0,08	0,0504	0,098	0,124	0,152	0,08	0,08	0,08	0,169
NO_3^-	40	4,51	8,10	10,1	12,1	136	130	124	146
р. Дністер, м. Біляївка Dniester River, Bilyayivka									
Mn^{2+}	0,10	0,0438	0,0466	0,0555	0,0652	0,260	0,234	0,204	0,269
Ψ_{CT}	1,00	0,570	0,755	0,824	0,899	1,74	1,53	1,30	2,29
k_{Mg}	1,00	0,651	1,05	1,23	1,41	1,00	1,00	1,00	2,05

го тренду. Він також обґрунтований у разі негативного тренду, оскільки розрахунок ГДС в цьому випадку буде заниженим, проте в короткостроковій перспективі вимоги норм ЄС залишатимуться виконаними. У разі позитивного часового тренду розрахунок значень C_F слід здійснювати за формулою (6).

Для поступового досягнення доброго стану МПВ згідно ВРД та ПУРБ у стічних водах, що скидаються в Дунай: вміст PO_4^{3-} можна прийняти 3,0, 2,6 та 2,3 мг/дм³ (табл. 3); вміст нітритів – не більше нормативу 0,08 мг/дм³, оскільки усі C_F перевищують норматив; вміст нітратів – 136, 130 та 124 мг/дм³.

У стічних водах, що скидаються в нижній частині Дністра: концентрація Mn^{2+} повинна бути не більш – 0,26, 0,23 та 0,20 мг/дм³; співвідношення магнію з кальцієм не повинно перевищувати іригаційний норма-

тив (1,0), оскільки усі k_{MgF} у фоновому створі перевищують його (табл. 3); значення показника Ψ_{CT} дорівнюватиме – 1,7, 1,5 та 1,3.

На рис. 7 і 8 показано хронологічна мінливість і розподіл значень показника Mn^{2+} за період спостережень у фоновому створі Дністра і очікувана їхня зміна у контрольному створі після скиду стічних вод, що містять марганець з концентрацією $C_{ГДС}$ (0,18 мг/дм³). Постійне підвищення концентрації Mn^{2+} у КС після скиду стічних вод при розрахованому в них значенні $C_{ГДС}$ буде дорівнювати різниці між нормативом (0,1 мг/дм³) і C_{10} (0,073 мг/дм³) (табл. 2) (на рис. 7 і 8 зазначений дрібною пунктирною лінією) тобто 0,027 мг/дм³. У цьому випадку ризик перевищення нормативу (R_H) в КС дорівнюватиме 8,3%, що відповідає розрахунковій умові (<10%).

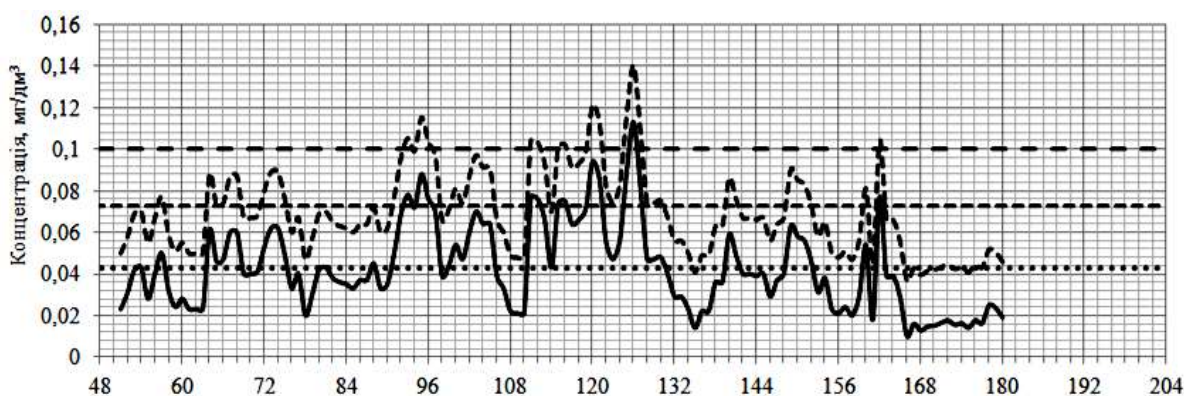


Рис. 7 – Хронологічна мінливість показника Mn^{2+} у фоновому створі і у контрольному після скиду стічних вод (р. Дністер, м. Біляївка)

Fig. 7 – Chronological variability of Mn^{2+} concentration in the background section and in the control section after wastewater discharge (Dniester River, Bilyayivka)

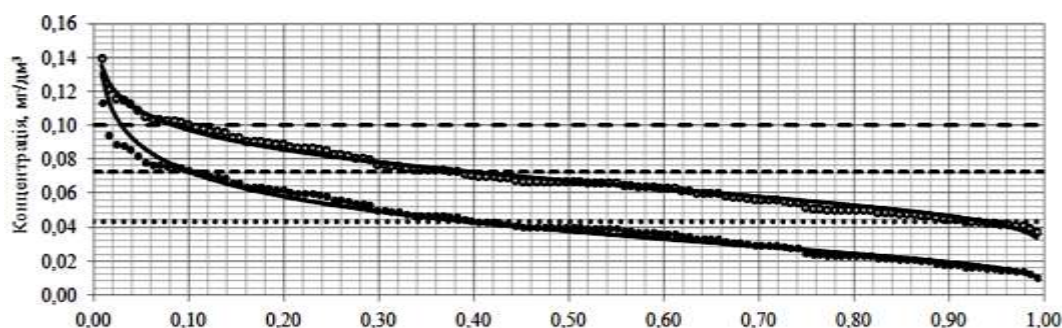


Рис. 8 – Розподіл показника Mn^{2+} у фоновому створі і у контрольному (р. Дністер, м. Біляївка)

Fig. 8 – Distribution of Mn^{2+} in the background section and in the control section (Dniester River, Bilyayivka)

При нормуванні скиду Mn^{2+} у річку Дністер (м. Біляївка) з урахуванням часового тренду значення показника (C_{10PR}) у прогнозний момент часу (204) за формулою

(6) становитиме $0,47 \text{ мг/дм}^3$, $C_{ГДС}$ дорівнюватиме $0,26 \text{ мг/дм}^3$, без врахування часового тренду – $C_{ГДС} = 0,18 \text{ мг/дм}^3$, це на 33% менш ніж $0,26 \text{ мг/дм}^3$.

Висновки

Для поступового досягнення доброго стану МПВ відповідно вимог ВРД на початковому етапі ПУРБ при розрахунках ГДС забруднюючих речовин із стічними водами фоновими доцільно приймати значення показників якості вод C_F забезпеченістю $F = 10\%$, 5% та $2,5\%$. Значення $C_{2,5}$ приймаються за умови відсутності перевищень нормативів на завершальних етапах досягнення доброго стану МПВ відповідно ВРД і ПУРБ.

Застосування фонових характеристик показників C_F , визначених без урахування

часового тренду під час нормування скидів забруднюючих речовин із стічними водами, є допустимим за відсутності або наявності слабого тренду, при цьому вимоги норм ЄС будуть дотримані.

У разі негативного тренду розрахунок ГДС виявиться заниженим, що є прийнятним з точки зору охорони довкілля, і водночас норми ЄС залишаться виконаними. При позитивному часовому тренді його ігнорування призведе до порушення європейських норм у майбутньому.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

В роботі не використано ресурс штучного інтелекту.

Список використаної літератури

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=celar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF (дата звернення: 01.11.2025)
2. Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31975L0440&from=en> (дата звернення: 01.11.2025)
3. Council Directive 76/160/EEC of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water. URL: <http://river.bio.auth.gr/wp-content/uploads/2016/09/Directive-76-160-EEC-Bathing-Water.pdf> (дата звернення: 01.11.2025)
4. Council Directive 78/659/EEC of 18 July 1978 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. URL: http://www.cawater-info.net/water_quality_in_ca/files/eu_659-78.pdf (дата звернення: 01.11.2025)
5. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/105/oj> (дата звернення: 01.11.2025)
6. Уберман, В.І., Васьковець Л.А. Адаптація українського правового регулювання скидання забруднювальних речовин до екологічного законодавства ЄС. *Науковий вісник УНУ, Право*. 2022. № 71. С. 197–202. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2022.71.33>
7. Уберман В. І., Васьковець Л. А. Поетапне наближення українського еколого-правового інституту якості вод та її регулювання до законодавства Європейського Союзу. *Legislation of EU countries: history, shortcomings and prospects for the development*. Frankfurt (Oder), Baltija Publishing. 2019. С. 334–354. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/304678851.pdf> (дата звернення: 01.10.2025).
8. Уберман, В.І., Васьковець Л.А. Відповідність регулювання скидання забруднювальних речовин у поверхневі води вимогам українського законодавства. *Науковий вісник УНУ, Право*, 2025. Т. 2. № 87. С. 146–254. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.87.2.37>
9. Бреус Д.С., Левченко М.В. Методи оцінювання та нормування якості природних водних ресурсів. *Таврійський науковий вісник*, 2019. № 110. Ч.2. С. 126–131. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-2.20>
10. Sun, H., Tian, Yu, Cai, G., Li, L., Meng, Yi., Huang, X., Zhan, W., Zhou, X. Anthropogenic pollution discharges, hotspot pollutants and targeted strategies for urban and rural areas in the context of population migration: Numerical modeling of the Minjiang River basin. *Environment International*. 2022, Vol.160. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107508>
11. Zhang, C., Liu, Y., Lan, L., You Yu., Ye. Yu., Influencing effects and spatiotemporal differentiation of pollutant discharge from industrial wastewater and domestic sewage in China. *Frontiers in Environmental Science*. 2025. Vol.13. P. 1-10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1576420>
12. Wei, Y., Liu, Q., Zhao, J. Formulation of water pollutant discharge limits for malathion based on nonsensitive aquatic organism protection. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. 17253. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43494-z>
13. Коробкова Г.В. Екологічне нормування якості поверхневих вод на прикладі басейну річки Сіверський Донець (в межах Харківської області): Дисертація на здобуття наукового ступеню к.геогр.н. Харків, 2018. 248 с. URL: http://ekhnuir.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/13892/3/dis_Korobkova.pdf (дата звернення: 01.10.2025).
14. Проскурнін О.А., Божко Т.В., Жук В.М., Комариста Б.М., Бендюг В.І. Доцільність врахування комплексних показників якості природної води при нормуванні скидань забруднюючих речовин із зворотними водами у водні об'єкти. *Науковий вісник будівництва*. 2022. Т. 108. № 2. С. 79-84. <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2022-108-2-79-84>
15. Yurasov, S.M., Karaulov, V.D., Terzeman, V.V. (2025). Improved assessment and forecasting of irrigation water quality. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (43), 33–47. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-43-03>
16. Yurasov S., Karaulov V. Improving methods for assessing the quality of water objects as sources of irrigation water (on the example of rivers in the Odesa region). *Advances in Science and Technology*. 2025. Vol. 162. P. 87–98. <https://doi.org/10.4028/v-nA4pb0>
17. Доценко В.І., Онопрієнко Д.М., Запорожченко В.Ю., Ткачук Т.І. *Оцінка якості води для поливів сільськогосподарських культур: навчальний посібник*. Дніпро. Акцент ПП. 2022. 149 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/7933/1/%D0%94%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%28%D0%B2%D1%81%D0%B5%29.pdf> (дата звернення: 01.10.2025).
18. Yurasov, S., Safranov, T., Chugai, A., Kuryanova, S., Artvykh, Ju. Adapting the Methods for Assessing a

- Water Quality when Normalizing the Pollutant Discharges in Ukraine to the Regulatory Requirements of the European Union. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 2022. Vol. 23. № 3. P. 167–176. <https://doi.org/10.12912/27197050/147447>
19. Юрасов, С.М., Терзема, В.В. *Якість вод: оцінка, мінливість, прогноз, нормування*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2023. URL: <https://www.morebooks.shop/shop-ui/shop/product/9786206846079> (дата звернення: 01.10.2025).
 20. Terzeman, V. V., Yurasov, S. M. (2025). Forecast of organic matter content in the waters of the Danube river (Kilia). *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, № 32. С.61–70. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-04>
 21. Юрасов С.М. Прогноз ризику погіршення якості вод за окремими показниками. Матеріали 79-ї звітної наукової конференції проф.-викл. складу і наукових працівників ФГМЕ ОНУ ім. І. І. Мечникова. Одеса. ОНУ ім. І.І. Мечникова. 2024. С. 45–48. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/13263a08-580f-4be6-bfdc-b4bbe07781e7/content> (дата звернення: 05.09.2025)
 22. *Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами*. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища № 116 від 15.12.1994 р., 79 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94#Text> (дата звернення: 01.10.2025)
 23. *Порядок розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти та перелік забруднюючих речовин, скидання яких у водні об'єкти нормується*: Постанова КМУ від 11.09.1996 р. № 1100 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ від 13.12.2017 № 1091. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF#Text> (дата звернення: 01.10.2025).
 24. Юрасов С.Н., Курьянова С.А. Особливості нормування скидів речовин з ефектом сумарної дії. *Молодий вчений*. 2015. 9(24). с. 134–137. URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/235/1/1-9_24_2015_%D0%9C%D0%A7_%D0%91%D1%94%D0%BB%D1%8F%D1%94%D0%B2%D0%B0_%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf (дата звернення: 01.10.2025).

Отримано: 08.10.2025 / Переглянуто: 16.11.2025 / Прийнято: 21.11. 2025 / Опубліковано: 30.12. 2025

S. M. YURASOV, PhD (Technic),

Associate Professor of the Department of Environmental Science and Environmental Protection

e-mail: urasen54@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4312-249X>

I.I. Mechnikov Odesa National University

15 Lvivska St., Odesa, 65016, Ukraine

V. V. TERZEMAN,

PhD student of the Department of Environmental Science and Environmental Protection

e-mail: mikkymailz@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-2298-1003>

I.I. Mechnikov Odesa National University

15 Lvivska St., Odesa, 65016, Ukraine

ENSURING COMPLIANCE WITH THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE WHEN REGULATING POLLUTANT DISCHARGES INTO WASTEWATER

Purposes. Development of scientifically based proposals for taking into account the conditions of the Water Framework Directive of the European Union and river basin management plans when calculating maximum permissible discharges of pollutants with wastewater using domestic methods.

Methods. Statistical, as well as methods of mathematical modelling and forecasting.

Results. According to the provisions of the Water Framework Directive and at the initial stage of river basin management plans, the quality of water in a water body for a certain past period is considered to meet the requirements of EU standards if the probability of exceeding (security) of the standards for each indicator does not exceed the specified limit F. Based on this, it is proposed to carry out standardization, as well as the associated assessment and forecasting of surface water quality using indicators with security F. This approach ensures the coordination of domestic methods of the aforementioned calculations with the requirements of EU legislation. The proposed provisions are tested on the example of the analysis of the temporal variability of water quality indicators of the Danube rivers (according to observations during 2015–2024) and the Dniester (according to retrospective observations of 2001–2017). It is shown that when using average values of indicators, the requirements of the Water Framework Directive and river basin management plans are often not met, since the provision of these values can significantly exceed the established restrictions on the frequency of exceedances of the maximum

permissible concentration. To gradually achieve "good status" of surface water bodies when regulating pollutant discharges with wastewater, it is advisable to use the values of indicators with a provision of 10%, 5% and 2.5% as calculated (background). At the same time, in the presence of time trends of indicators, it is necessary to forecast their values to ensure the requirements of the Water Framework Directive, especially with positive trends.

Conclusions. According to the requirements of the Water Framework Directive and river basin management plans, in order to gradually achieve good status of surface water bodies at the initial stage, it is advisable to take the value of F equal to 10%, 5% and 2.5%. It is advisable to standardize pollutant discharges taking into account the time trends of indicators, since ignoring a positive trend leads to an overestimation of the calculated values, which is unacceptable, while the presence of a negative trend, on the contrary, leads to their underestimation, which is acceptable from the point of view of environmental protection.

KEYWORDS: water quality assessment, maximum permissible discharge, background characteristics, EU directives, water quality forecast

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. Furthermore, the authors have fully adhered to ethical norms, including avoiding plagiarism, data falsification, and duplicate publication.

Authors Contribution: all authors have contributed equally to this work
The work does not use artificial intelligence resources.

References

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/re-source.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF
2. Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/7/oj/eng>
3. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>
4. Council Directive 78/659/EEC of 18 July 1978 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. Retrieved from http://www.cawater-info.net/water_quality_in_ca/files/eu_659-78.pdf
5. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/105/oj>
6. Uberman, V.I., & Vaskovets, L.A. (2022). Adaptation of Ukrainian legal regulation of pollutant discharges to the EU environmental legislation. *Scientific Bulletin of UNU, Law*, 71, 197–202. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2022.71.33> (in Ukrainian)
7. Uberman, V.I., & Vaskovets, L.A. (2019). Gradual approximation of the Ukrainian eco-legal institute of water quality and its regulation to the legislation of the European Union. Legislation of EU countries: history, shortcomings and prospects for development. Frankfurt (Oder), *Baltija Publishing*, 334–354. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/304678851.pdf> (in Ukrainian)
8. Uberman, V.I., & Vaskovets, L.A. (2025). Compliance of pollutant discharge regulation into surface waters with the requirements of Ukrainian legislation. *Scientific Bulletin of UNU, Law*, 87(2), 146–254. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.87.2.37> (in Ukrainian)
9. Breus, D.S., & Levchenko, M.V. (2019). Methods for assessment and regulation of the quality of natural water resources. *Tavriyskyi Scientific Bulletin*, 110(2), 126–131. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-2.20> (in Ukrainian)
10. Sun, H., Tian, Yu, Cai, G., Li, L., Meng, Yi., Huang, X., Zhan, W., & Zhou, X. (2022). Anthropogenic pollution discharges, hotspot pollutants and targeted strategies for urban and rural areas in the context of population migration: Numerical modeling of the Minjiang River basin. *Environment International*, 160, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107508>
11. Zhang, C., Liu, Y., Lan, L., You Yu., & Ye. Yu. (2025). Influencing effects and spatiotemporal differentiation of pollutant discharge from industrial wastewater and domestic sewage in China. *Frontiers in Environmental Science*. 13. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1576420>
12. Wei, Y., Liu, Q., & Zhao, J. (2023). Formulation of water pollutant discharge limits for malathion based on nonsensitive aquatic organism protection. *Scientific Reports*. 13, 17253. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43494-z>
13. Korobkova, H.V. (2018). Environmental regulation of surface water quality: the case of the Siverskyi Donets

- River basin (within Kharkiv Oblast). *Doctoral dissertation, PhD in Geography. Kharkiv*. Retrieved from http://ekhnuir.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/13892/3/dis_Korobkova.pdf (in Ukrainian)
14. Proskurnin, O.A., Bozhko, T.V., Zhuk, V.M., Komarista, B.M., & Bendug, V.I. (2022). The expediency of taking into account comprehensive indicators of natural water quality when regulating the discharge of pollutants with return waters into water bodies. *Scientific Bulletin of Construction*. 108(2). 79-84. <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2022-108-2-79-84> (in Ukrainian)
 15. Yurasov, S.M., Karaulov, V.D., & Terzeman, V.V. (2025). Improved assessment and forecasting of irrigation water quality. *Man and Environment. Issues of Neoeology*. 43, 33–47. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-43-03> (in Ukrainian)
 16. Yurasov S., & Karaulov V. (2025). Improving methods for assessing the quality of water objects as sources of irrigation water (on the example of rivers in the Odesa region). *Advances in Science and Technology*. 162. 87–98. <https://doi.org/10.4028/v-nA4pb0> (in Ukrainian)
 17. Dochenko, V.I., Onopriienko, D.M., Zaporozhchenko, V.Yu., & Tkachuk, T.I. (2022). *Assessment of water quality for irrigation of agricultural crops: a textbook*. Dnipro: Aktsent P. Retrieved from <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/7933/1/%D0%94%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%28%D0%B2%D1%81%D0%B5%29.pdf> (in Ukrainian)
 18. Yurasov, S., Safranov, T., Chugai, A., Kuryanova, S., & Artyvykh, Ju. (2022). Adapting the Methods for Assessing a Water Quality when Normalizing the Pollutant Discharges in Ukraine to the Regulatory Requirements of the European Union, *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(3), 167-176. <https://doi.org/10.12912/27197050/147447>
 19. Yurasov, S.M., & Terzeman, V.V. (2023). *Water Quality: Assessment, Variability, Forecast, Regulation*, LAP LAMBERT Academic Publishing. Retrieved from <https://www.morebooks.shop/shop-ui/shop/product/9786206846079> (in Ukrainian)
 20. Terzeman, V. V., & Yurasov, S. M. (2025). Forecast of organic matter content in the waters of the Danube river (Kilia). *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (32), 61-70. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-04> (in Ukrainian)
 21. Yurasov S.M. (2024). Forecasting the risk of water quality deterioration by individual indicators. *Proceedings of the 79th reporting scientific conference of the academic staff and researchers of the FGME of the I. I. Mechnikov ONU*. 45–48. Retrieved from <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/13263a08-580f-4be6-bfdc-b4bbe07781e7/content> (in Ukrainian)
 22. Instruction on the Procedure for Developing and Approving Maximum Permissible Discharges (MPD) of Substances into Water Bodies with Wastewater. (1994). *Order of the Ministry of Environmental Protection No. 116, dated December 15, 1994*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94#Text> (in Ukrainian)
 23. *Procedure for Developing Standards for Maximum Permissible Discharges of Pollutants into Water Bodies and the List of Pollutants Whose Discharges into Water Bodies Are Regulated: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1100, dated September 11, 1996, as amended by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1091, dated December 13, 2017*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF#Text> (Accessed 01 October 2025). (in Ukrainian)
 24. Yurasov, S.N., & Kuryanova, S.A. (2015). Features of regulating discharges of substances with cumulative effects. *Young Scientist*, 9(24), 134–137. Retrieved from https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/235/1/1-9_24_2015_%D0%9C%D0%A7_%D0%91%D1%94%D0%BB%D1%8F%D1%94%D0%B2%D0%B0_%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf (in Ukrainian)

Submission received: 08.10.2025 / Revised: 16.11.2025 / Accepted: 21.11.2025 / Published: 30.12.2025