

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА РІЗНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Євгеній Пономаренко

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інженерної екології міст

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17,
Харків, Україна, 61002, anep99@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7731-3919

Тетяна Дмитренко

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інженерної екології міст

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17,
Харків, Україна, 61002, Tetyana.Dmytrenko@kname.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0447-644X

Алла Немцова

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри математичних методів в економіці

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, Харків, Україна, 61022,
anemtsova_2017@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8696-1085

Робота присвячена актуальній проблемі нормування якості води. Розглянуті підходи до оцінки якості води, що використовуються в Україні й світовій практиці. Визначено суттєві розбіжності в підходах до оцінки умов екологічно безпечного водокористування та екологічної оцінки стану водних об'єктів. Виконано порівняльний аналіз підходів, що базуються на нормативах екологічно безпечного водокористування, вимогах до питного водозабезпечення, Водній Рамковій Директиві 2000/60/ЄС та оцінці трофічного стану водних об'єктів. Показано, що виконання нормативів екологічно безпечного питного водокористування не забезпечує як умови питного водопостачання, так і захист водних об'єктів від антропогенного евтрофування.

Ключові слова: оцінка якості води, нормативи якості води, екологічний стан, водні ресурси, категорії водокористування, трофічний рівень.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Якість води є базовою властивістю води. Згідно з Водним Кодексом України [1] якість води – це характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних цілей використання.

Головною особливістю природних вод, як ресурсу, є їх багатоцільове використання, що породжує понад десяток різних видів водокористування. Для кожного із видів водокористування ставляться вимоги до якості води. Для низки категорій водокористування ці вимоги закріплюються на законодавчому рівні у вигляді норм якості води. Залежно від особливостей національних законодавств, ці вимоги можуть встановлюватися для показників якості води безпосередньо у водних об'єктах та/або на дже-

релах їх надходження у водні об'єкти, причому в останньому випадку можлива диференціація за типами джерел (стічні води підприємств, стічні води іригації та ін.). У переважній більшості випадків норми встановлюються, виходячи з умов безпеки водокористування, причому переважним видом є питне водокористування. Іншими словами, переважає антропоцентричний підхід, тобто благополуччя водного об'єкта оцінюється з позицій його здатності задовольняти потреби людей. Як альтернатива виглядають рибогосподарські норми, які, наприклад, використовуються в Україні та Китаї [2, 3]. Ці норми призначені для створення сприятливих умов для збереження та відтворення промислово цінних видів риби. Тобто, і в цьому випадку

критерієм є не екосистемна роль риб, а їхня цінність з позиції людей.

Офіційно визнаний підхід до нормування якості води в Україні базується на встановленні сукупності допустимих значень показників її складу та властивостей води, у межах яких забезпечуються безпечні умови водокористування, і які встановлюються для води, що використовується для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб, а також потреб рибного господарства [2].

Водночас «Порядок денний 21 століття», прийнятий Конференцією ООН з довкілля та розвитку у 1992 році, передбачає охорону водних екосистем та їх ефективне збереження від будь-яких видів деградації. Одним із характерних проявів такої деградації є зміна трофічного стану водних об'єктів, характерною причиною якого наразі є антропогенне евтрофування.

Дослідженням екологічного стану басейнів річок України займалися в багатьох наукових, проектних, контролюючих організаціях. Над вивченням цих питань працювали відомі вчені, фахівці, зокрема: Хільчевський В.К., Яцик А.В., Романенко В.Д., Васенко О.Г., Шевчук В.Я., Клименко М.О., Осадчий В.І., Петрук О.М. та ін.

Так, протягом останніх десятиліть відбувається погіршення екологічного стану поверхневих водних об'єктів, тому вивчення та порівняння методик оцінки стану водних об'єктів є актуальним завданням.

Окремі недоліки нормування якості води водних об'єктів підтверджують актуальність та своєчасність використання інших підходів до оцінки стану поверхневих об'єктів. Вирішення цих завдань можливо тільки на основі системного підходу до вивчення цієї проблеми.

Метою даної роботи є проведення аналізу співвідношення діючих підходів до нормування якості води в різних країнах, в першу чергу, в Україні, з оцінками екологічного стану і трофічного рівня поверхневих водних об'єктів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Оцінка умов екологічно безпечного водокористування здійснюється на підставі визначення для узагальнених показників якості води – загальних вимог, а для речовин і сполук – граничнодопустимих концентрацій (ГДК) з урахуванням належності показників до лімітуючих ознак шкідливості (ЛОШ) і класів небезпеки (КН) (останні не використовуються для рибогосподарської категорії водокористування). Ця інформація міститься в нормативних документах, що залишилися нам

у спадщину від СРСР, та в додатку 2 до «Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України» №37 від 19.02.2002 р., що на цей час є скасованими.

Зазначені нормативи є загальнодержавними. На їх підставі встановлюються нормативи гранично допустимих скидів (ГДС) підприємств, тобто вони є похідними від норм якості води водних об'єктів. Норми ГДС є індивідуальними для кожного водокористувача і, навіть, для кожного скиду зворотних вод водокористувача. Окремо визначаються норми якості питної води, які також є загальнодержавними [4]. Останні встановлюють нормативи безпечного споживання води людиною диференційовано для різних джерел (водопровідної, колодязної, джерельної води) і мають відмінності в переліку показників у порівнянні з нормами екологічно безпечного питного водокористування для водних об'єктів. Ці відмінності, в першу чергу, стосуються групи бактеріологічних і паразитологічних показників. Окрім того, вимоги до джерельної води є більш жорсткими у порівнянні з вимогами, що ставляться до води водопровідної. При цьому треба зазначити, що джерельна вода має підземне походження, в той час, як вода, що надходить до водопровідних мереж, здебільшого забирається з поверхневих джерел. Тому буде більш коректним порівняти вимоги до поверхневих вод з вимогами до водопровідної води. При цьому також необхідно враховувати, що нормування якості води водних об'єктів відбувається з урахуванням їх належності до однакової ЛОШ і класу небезпеки.

Порівняльний аналіз нормативних вимог до водопровідної води з нормативами питного водокористування наведений на рис. 1. Враховуючи дуже велику розбіжність абсолютних значень показників, для більшої наочності вони були проноормовані, тобто значення ГДК було прийняте за одиницю, а норми для питної води відображені в долях ГДК. Також взято до уваги, що у наведеному переліку чотири показники – алюміній, натрій, нітрити та формальдегід – належать до другого класу небезпеки, тому нормативне значення кожного з них зменшено у 4 рази відносно до ГДК.

Наведені дані показують, що по низці показників існують суттєві розбіжності в обидві боки. Особливо велика розбіжність спостерігається для міді, для якої значення ГДК в річній воді в 10 разів менше нормативу в ДСанПіН. Але за більшістю

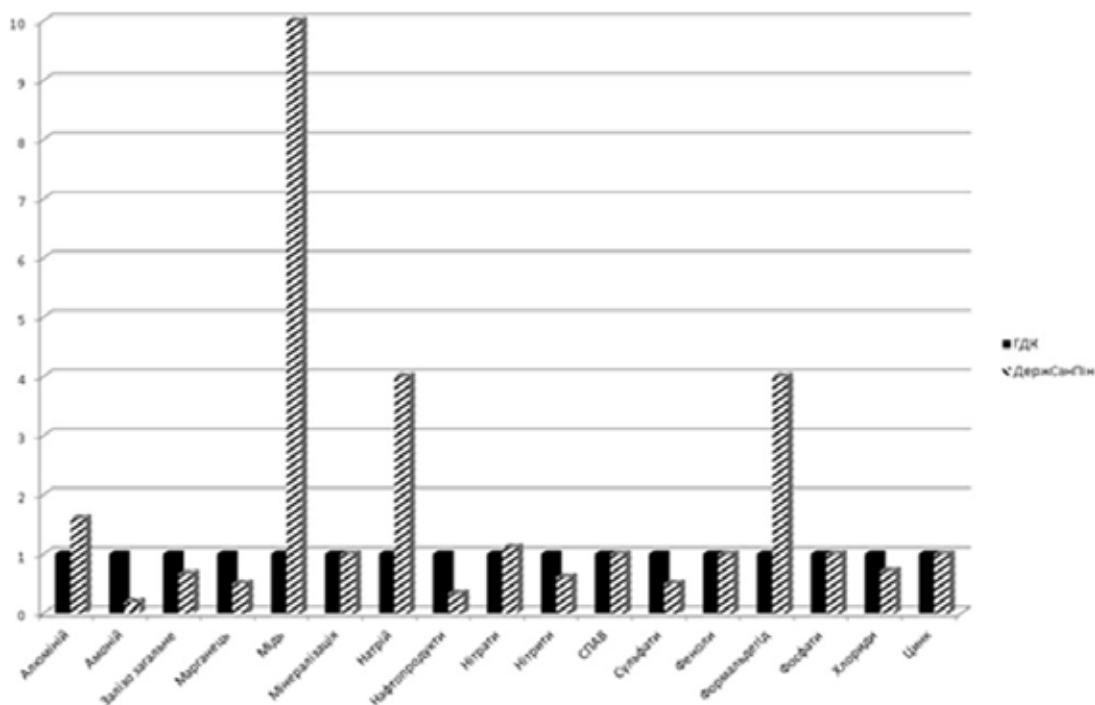


Рис. 1. Порівняння нормативних вимог до водопровідної води з нормативами питного водокористування (в долях ГДК)

показників вимоги до водопровідної води є більш жорсткими, тобто задоволення нормативним значенням в поверхневому водному об'єкті не робить його воду придатною для питного споживання людиною без додаткової водопідготовки.

23 жовтня 2000 р. Європейським Союзом було прийнято Водну Рамкову Директиву 2000/60/ЄС (ВРД) «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики». З того часу країни Європейського Союзу розпочали розробку та впровадження положень Директиви в природоохоронне законодавство своїх країн. У 2016 році до неї також приєдналася Україна. Ключовою зміною в новій системі нормування в порівнянні з попередніми системами став перехід від нормування якості води за видами водокористування до екологічного нормування на основі показників не порушеного стану водних об'єктів [5].

В країнах ЄС відповідно до [6] для оцінки екологічного стану поверхневих вод встановлюються 5 класів екологічного стану поверхневих вод: «відмінний», «добрий», «задовільний», «поганий», «дуже поганий». Відповідно до нормативно-правових документів країн ЄС хімічний стан масиву поверхневих вод визначається двома класами: «добрий хімічний стан» (good chemical status) та «поганий хімічний стан» (bed chemical status). Оцінка хімічного стану масиву поверхневих вод в країнах ЄС здійснюється за окремими

групами забруднюючих речовин, кількість груп визначається самою країною [5]. Це ж саме стосується й України [7].

В Україні визначення екологічного стану масиву поверхневих вод (МПВ) [7] здійснюється за біологічними, гідроморфологічними, хімічними та фізико-хімічними показниками, які узагальнено характеризують стан.

Перелік цих показників для визначення екологічного стану річок і озер наведено у табл. 1 відповідно до додатка 1 [8].

В той самий час зазначені підходи мають не нормативний, а оцінювальний сенс, тобто вони дають змогу оцінити поточний екологічний стан водного об'єкта та відстежити його зміни, але, на відміну від норм екологічно безпечного водокористування, не надають змоги встановлювати умови спеціального водокористування для конкретного водокористувача.

Іншим вагомим індикатором екологічного стану водних об'єктів є їх трофічний рівень. Основним підходом до визначення трофічного рівня є використання таблиць, за якими трофічний рівень визначається за низкою показників, здебільшого біомасою первинної продукції (або вмістом хлорофілу «а»), вмістом загального азоту та фосфору. Однак, ці показники не відносяться до таких, що нормуються в Україні за критеріями безпечного водокористування. До того ж такі

Перелік біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників для визначення екологічного стану річок і озер

Річки	Озера
Біологічні показники	
Склад та середні кількісні показники: фітобентосу; макрофітів; фітопланктону. Склад та середні кількісні показники донних безхребетних. Склад, середні кількісні показники та вікова структура риб.	Склад та середні кількісні показники: фітобентосу; макрофітів; фітопланктону. Склад та середні кількісні показники донних безхребетних. Склад, середні кількісні показники та вікова структура риб.
Гідроморфологічні показники	
Гідрологічний режим: кількісні показники водного стоку та динаміки стоку води; гідралічний зв'язок з ґрунтовими водами. Довжина річки. Морфологічні умови: варіабельність глибини та ширини річки; структура та субстрат річкового ложа; структура прибережної зони.	Гідрологічний режим: кількісні показники об'єму води та динаміки наповнення водойми; водообмін; гідралічний зв'язок з ґрунтовими водами. Морфологічні умови: варіабельність глибини озера; якість, структура та субстрат озера; структура озерних берегів.
Хімічні та фізико-хімічні показники	
Загальні фізико-хімічні показники: температура; водневий показник pH; розчинений кисень; вміст розчинених солей (мінералізація, електропровідність); біологічне споживання кисню; хімічне споживання кисню; біогенні елементи (Nзаг, N-NH4+, N-NO3-, N-NO2-, Pзаг, P-PO4-3-). Специфічні забруднюючі речовини: синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини, що надходять у водний об'єкт.	Загальні фізико-хімічні показники: прозорість; температура; водневий показник pH; розчинений кисень; вміст розчинених солей (мінералізація, електропровідність); біологічне споживання кисню; хімічне споживання кисню; біогенні елементи (Nзаг, N-NH4+, N-NO3-, N-NO2-, Pзаг, P-PO4-3-). Специфічні забруднюючі речовини: синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини, що надходять у водний об'єкт.

таблиці не є нормативним документом, існують в різних інтерпретаціях, що відрізняються як складом показників, за якими визначається трофічний рівень, так і абсолютними величинами цих показників. Тому в даній роботі порівняння виконувалось за наведеними в літературі таблицями, які дозволяють оцінювати трофічний рівень за показниками мінеральних форм азоту та фосфору, що також є нормованими показниками якості води при визначенні умов безпечного водокористування.

Коректно порівняння умов безпечного водокористування з трофічним рівнем водного об'єкта можна здійснити для питної та господарсько-побутової категорій водокористування, оскільки амонійний і нітратний азот належать до третього класу небезпеки, а фосфати – до четвертого, тобто їх нормування здійснюється індивідуально за величинами ГДК без прив'язки до

вмісту інших показників якості води. При цьому треба враховувати, що нормується величина не нітратного азоту, а нітратів (нітрат-іона). Величини ГДК складають 2 г/м³ для амонійного азоту, 45 г/м³ – для нітратів і 3,5 г/м³ – для фосфатів.

Значення величин амонійного азоту і нітратів, що відповідають різним рівням трофності, були взяті з наведених у [9] таблиць визначення трофічних рівнів для центральної та північної Європи. Наведені значення нітратного азоту були перераховані в значення нітратів по співвідношенню молярних мас. Дані в таблицях роботи [9] відповідають умовам України.

Результати порівняння по нітратах, амонійному азоту та фосфатах наведені на рис. 2–4 відповідно. Трофічні рівні проілюстровані верхніми граничними значеннями відповідних показників. Підкреслимо, що ці значення в роботах [9] і [10] практично збігаються.

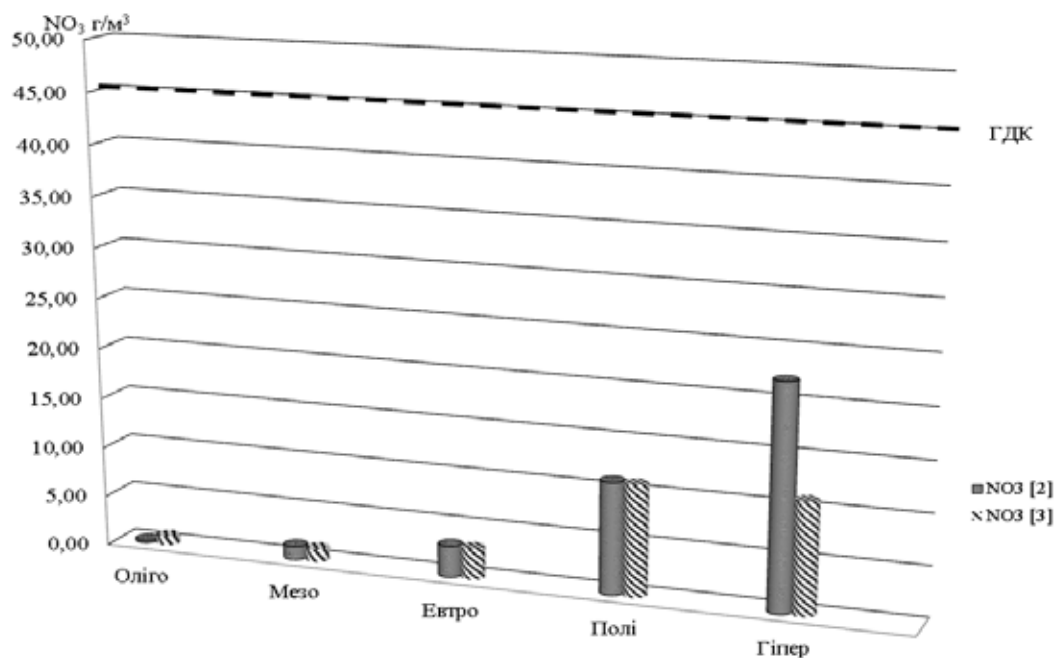


Рис. 2. Співвідношення ГДК з трофічними рівнями по нітратах

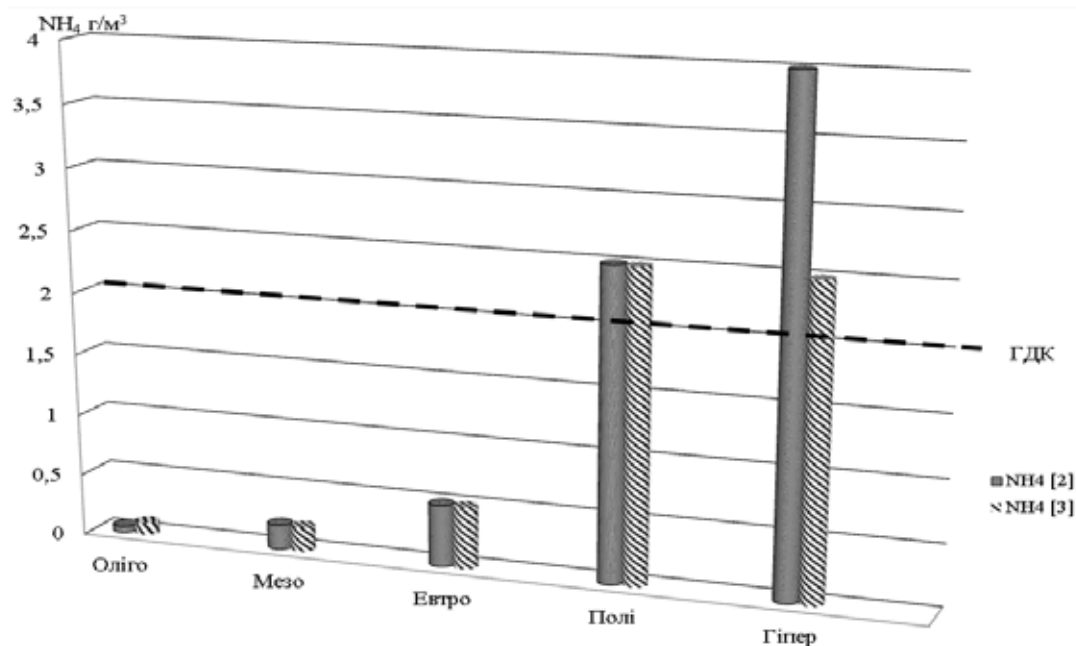


Рис. 3. Співвідношення ГДК з трофічними рівнями по амонійному азоту

При порівнянні за фосфатами додатково до даних робіт [2, 8] були використані дані натурних досліджень по низці озер Польщі з роботи [11]. На рис. 2–4 наведені максимальні значення по кожному трофічному рівню.

ВИСНОВКИ. Таким чином, наведені в роботі дані дозволяють зробити висновок, що виконання нормативів екологічно безпечного водокористування для питної та господарсько-побутової категорій не робить воду придатною для

питного споживання людиною і не забезпечують захист водних екосистем від антропогенного евтрофування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Водний Кодекс України: Закон України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. Ст. 189.
2. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : Постанова Кабінету Міні-

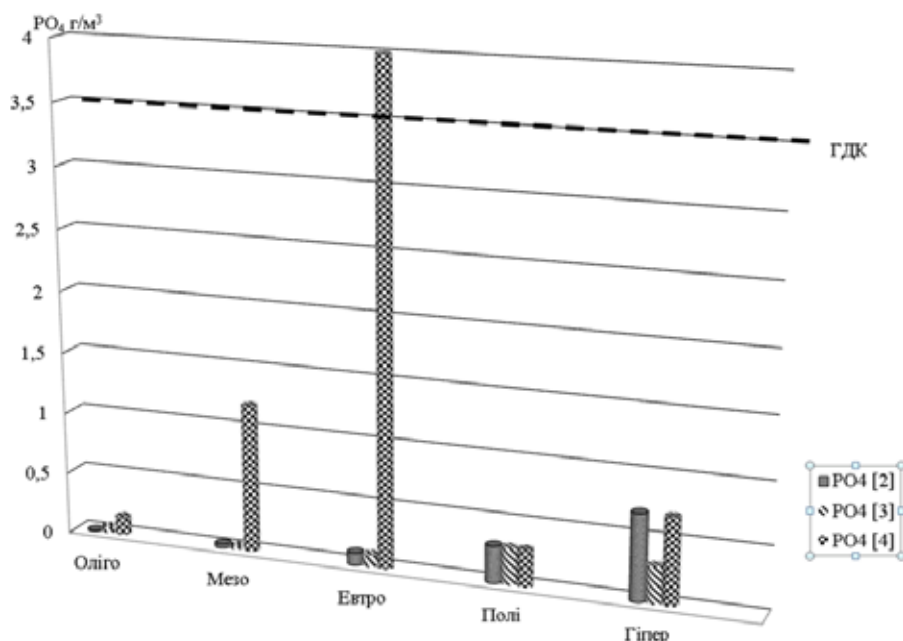


Рис. 4. Співвідношення ГДК з трофічними рівнями по фосфатах

стрів України від 25.03.1999 р. № 465. *Відомості Верховної Ради України*. 1999. № 13. Ст. 518.

3. Jing Tan. Water Quality Monitoring and Standardization in China: A Review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. 546. P. 1–4.

4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. *Офіційний вісник України*. 2010. №51. Ст. 1717.

5. Розроблення методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод : Звіт про науково-дослідну роботу за темою № 5/1.2-21. Харків : НДУ «УНДІЕП», 2021. 171 с.

6. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23 жовтня 2000 року [Directive 2000/60/EU of the European Parliament and of the Council "On establishing the framework for Community activities in the field of water policy" dated October 23, 2000]. *Офіційний вісник Європейського Союзу*. 2000. L0060.

7. Удод В. М., Маджд С. М., Кулинич Я. І. Регіональні особливості структурно-функціо-

нальної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук. 2017. Вип. 3 (104). Ч. 1. С. 93–99.

8. Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод : Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 5 від 14.01.2019 р. *Офіційний вісник України*. 2019. № 16. Ст. 560.

9. Felix Stolberg, Pekka Peura and Pertti Sevola. Decentralized wastewater treatment strategy for eutrophied water body – catchment interaction. Vaasa : MCB University Press. 1999. P. 197. 214.

10. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Гриценко та ін.; УкрНДІЕП. Харків, 2012. 37 с.

11. Ghosh T.K., Mondal D. Eutrophication: Causative factors and remedial measures. *Journal of Today's Biological Sciences : Research & Review*. 2012. Vol. 1. No. 1. P. 153–178.

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF SURFACE WATER BODIES ACCORDING TO DIFFERENT CRITERIA

Ievgenii Ponomarenko

PhD, Associate Professor,

Associate Professor at the Department of Urban Environmental Engineering

O. M. Beketov Kharkiv National University of Municipal Economy, 17 Marshala Bazhanova St., Kharkiv, Ukraine, 61002, anep99@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7731-3919

Tetyana Dmytrenko

PhD, Associate Professor,

Associate Professor at the Department of Urban Environmental Engineering

O. M. Beketov Kharkiv National University of Municipal Economy, 17 Marshala Bazhanova St., Kharkiv, Ukraine, 61002, Tetyana.Dmytrenko@kname.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0447-644X

Alla Nemtsova

PhD, Associate Professor,

Associate Professor at the Department of Mathematical Methods in Economics

V. N. Karazin Kharkiv National University, Maidan Svobody 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, anemtsova_2017@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8696-1085

The article is devoted to the topical problem of water quality standardization. Some shortcomings in the standardization of water quality in water bodies confirm the relevance and timeliness of using other approaches to assess the state of surface water bodies. The solution of the application tasks can only be predicated on a systems approach to the study of this problem. The purpose of this article is to analyze the correlation of existing approaches to water quality standardization in different countries, primarily in Ukraine, with assessments of the ecological state and trophic level of surface water bodies.

Approaches to water quality assessment used in Ukraine and world practice were considered. Significant differences in the approaches to assessing the conditions for environmentally safe water use and environmental assessment of the state of water bodies were identified. A comparative analysis of approaches premised on the standards of environmentally safe water use, requirements for drinking water supply, the Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC, WFD), and the assessment of the trophic state of water bodies was performed. A significant indicator of the ecological state of water bodies is their trophic level. In this article, the comparison was conducted according to the tabulated data given in the current literature, which make it possible to assess the trophic level in terms of the mineral forms of nitrogen and phosphorus, which are also controlled parameters of water quality when determining the conditions for safe water use.

It is shown that the implementation of the standards for environmentally safe drinking water use does not provide both the conditions for drinking water supply and the protection of water bodies from human-induced eutrophication.

Key words: water quality assessment, water quality standards, ecological state, water resources, categories of water use, trophic level.

REFERENCES

1. Vodnyi Kodeks Ukrainy [Water Code]. (1995) *Zakon Ukrainy ot 06.06.1995. № 213/95-VR*. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. № 24. St. 189 [in Ukrainian].
2. Pravyla okhorony poverkhnelykh vod vid zabrudnennia zvorotnymy vodamy [Rules for the protection of surface water from pollution by return water]. (1999). *Postanova Kab. Ministriv Ukrainy ot 25.03.1999. № 465*. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. № 13. St. 518 [in Ukrainian].
3. Jing Tan. Water Quality Monitoring and Standardization in China. (2020). *A Review. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 546, 1–4.
4. DSanPiN 2.2.4-171-10. Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. (2010). *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy*. № 51. St. 1717 [in Ukrainian].
5. Rozroblennia metodyky vidnesennia masyvu poverkhnelykh vod do odnogo z klasiv ekolohichnoho ta khimichnoho staniv masyvu poverkhnelykh vod [Development of a methodology for assigning a body of surface water to one of the classes of ecological and chemical states of the body of surface water]. (2021). *Zvit pro naukovodoslidnu robotu za temoiu № 5/1.2-21*. Kharkiv : NDU «UNDIEP». [in Ukrainian].
6. Dyrektyva 2000/60/EU Yevropeiskoho Parlamentu i Rady "Pro vstanovlennia ramok diialnosti Spivtovarystva v haluzi vodnoi polityky" ot 23 zhovtnia 2000 roku. (2000). *Ofitsiinyi visnyk Yevropeiskoho Soiuzu*. L0060 [in Ukrainian].
7. Udod V. M., Madzhd S. M., Kulynych Ya. I. (2017). Rehionalni osoblyvosti strukturno-funktsionalnoi orhanizatsii rozvytku tekhnohenko zminenykh vodnykh ekosystem [Regional features of the structural and functional organization of the development of technogenically altered aquatic ecosystems]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. Kremenchuk. 3 (104), 1, 93–99 [in Ukrainian].
8. Metodyka vidnesennia masyvu poverkhnelykh vod do odnogo z klasiv ekolohichnoho ta khimichnoho staniv masyvu poverkhnelykh vod, a takozh vidnesennia shtuchnoho abo istotno zminenoho masyvu poverkhnelykh vod do odnogo z klasiv ekolohichnoho potentsialu shtuchnoho abo istotno zminenoho masyvu poverkhnelykh vod [Method of assigning a surface water massif to one of the classes of ecological and chemical states of a surface water massif, as well as assigning an artificial or significantly modified a surface water massif

to one of the classes of ecological potential of an artificial or significantly modified a surface water massif]. (2019). Nakaz Ministerstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy № 5 vid 14.01.2019. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. № 16. St. 560 [in Ukrainian].

9. Stolberg F., Peura P. & Sevola P. (1999). *Decentralized wastewater treatment strategy for eutrophied water body – catchment interaction*. Vaasa : MCB University Press.

10. Hrytsenko A.V., Vasenko O.G., Verichenko G.A. (2012). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriiamy [Methodology of environmental assessment of surface water quality by relevant categories]*. Kharkiv: UkrNDIEP [in Ukrainian].

11. Ghosh T.K., Mondal D. (2012). Eutrophication: Causative factors and remedial measures. *Journal of Today's Biological Sciences : Research & Review*, Vol. 1, 1, 153–178.

Стаття надійшла 13.08.2022