
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 502.5

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.35>

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ СЕРЕДНЬОЇ ТЕЧІЇ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Шахман І.О. – к. геогр. н., доцент, доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка, ДВНЗ «Херсонський державний аграрно-економічний університет»

Міжнародні експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я наголошують, що понад 60% захворювань у світі спричинені споживанням неякісної води. Вода на сьогодні є не тільки важливим, а й соціально значимим природним ресурсом. Тому в деклараціях Всесвітнього Водного Форуму (Гаага, 2000 р.) та Міжнародної конференції з питань прісної води (Бонн, 2001 р.) якість води визначається як основний критерій збалансованого розвитку суспільства, його екологічної безпеки та існування. Соціально-економічна політика України декларує одне із пріоритетних завдань – забезпечення громадян та галузей економіки якісною водою.

У статті висвітлено застосування методик комплексної оцінки якості води під час дослідження гідроекологічних проблем. Виконана екологічна оцінка якості води поверхневих вод середньої течії річки Південний Буг у межах Вінницької та Миколаївської областей за період спостереження 2019 року з використанням різних методик за гідрохімічними показниками, відповідно до чинних нормативів якості поверхневих водних ресурсів для питних, рибогосподарських, культурно-побутових та рекреаційних потреб. Аналіз концентрацій речовин за довжиною річки Південний Буг у межах Вінницької та Миколаївської областей демонструє низьку здатність річки до саморегуляції та самоочищення у 2019 році та доводить наявність суттєвого негативного техногенного впливу на систему хімічного складу води річки. Найчастіше спостерігалось перевищення значень нормативів якості вод водних об'єктів щодо нітритів, синтетичних поверхнево-активних речовин, амонія сольового, хімічного споживання кисню, що має руйнівний вплив на розвиток водних біоресурсів та аквакультури. Установлено, що використання середньої течії річки Південний Буг для рибного господарства, питних та культурно-побутових і рекреаційних потреб на сьогодні пов'язано з певними екологічними ризиками.

Ключові слова: якість води, екологічна оцінка, гідрохімічні показники, класифікація якості.

Shakhman I.O. Ecological water quality estimation of the middle course of the Southern Bug River by hydrochemical parameters

International experts from the World Health Organization say that more than 60% of diseases in the world are caused by the consumption of poor quality water. Today, water is not only an important but also a socially significant natural resource. Therefore, the declarations of the World Water Forum (The Hague, 2000) and the International Freshwater Conference (Bonn, 2001) define water quality as the main criterion for the balanced development of society, its environmental safety and existence. The socio-economic policy of Ukraine declares one of the priority tasks – providing citizens and economic sectors with quality water.

The article covers the application of complex methods of water quality estimation in the study of hydroecological problems. The ecological assessment of surface water quality of the middle course of the Southern Bug River within Vinnytsia and Mykolaiv regions was carried out for the observation period of 2019 using different methods for hydrochemical indicators in accordance with the current quality standards for surface water resources for drinking, fishery, cultural, and recreational needs. Analysis of concentrations of substances along the length of the Southern Bug River within Vinnytsia and Mykolaiv regions demonstrates the low ability of the river to self-regulation and self-purification in 2019 and proves the presence of a significant negative anthropogenic impact on the chemical composition of river water. Most often, the values of water quality standards for water bodies were exceeded for nitrites, synthetic surfactants, total ammonium, chemical oxygen demand, which has a devastating effect on the development of aquatic bioresources and aquaculture. It has been established that the use of the middle course of the Southern Bug River for fisheries, drinking, cultural, and recreational needs today is associated with certain environmental risks.

Key words: water quality, ecological estimation, hydrochemical indicators, classification of quality.

Постановка проблеми. Водні ресурси є особливим природним ресурсом стратегічного значення та національним багатством будь-якої держави. Найвні водні ресурси визначають тенденції розвитку майже всіх галузей економіки, водночас найбільше значення в господарській діяльності людини має прісна вода. Нерівномірність розподілу запасів прісних вод у просторі та в часі, посилене антропогенне навантаження й пов'язане із цим кількісне та якісне виснаження водних ресурсів, зумовили їх дефіцит у багатьох регіонах планети. Україна, яка недостатньо й найменше забезпечена водними ресурсами серед країн Європи, протягом багатьох десятиліть використовувала воду як господарський ресурс, що призвело до кількісної та якісної деградації поверхневих водних об'єктів. Проблема якості води розглядається як найголовніша соціальна й науково-технічна проблема сучасності. Вирішення її значною мірою залежить від дослідження стану водних ресурсів, рівня наукових знань про явища і процеси, котрі відбуваються в гідросфері, а також від ефективних заходів щодо раціонального використання й охорони природних вод [1, с. 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для успішного забезпечення всіх сфер життя й господарської діяльності людського суспільства необхідне впровадження державної водогосподарської політики на основі регулярного моніторингу стану водних об'єктів та систематичного проведення наукових досліджень поточного та майбутнього екологічного стану водних ресурсів.

Значний внесок у наукові дослідження природно-екологічного потенціалу водних об'єктів басейну р. Південний Буг належить ученим Інституту гідробіології НАН України – Афанасьєву С.О., Летицькій О.М., Білоус О.П. та Васильчуку Т.О. (Державна академія житлово-комунального господарства Міністерства з питань житлово-комунального господарства України). Науковці описали гідрохімічний режим та особливості структури біотичних угруповань руслової частини річки Південний Буг за період гідробіологічних досліджень 2010–2011 рр. та встановили екологічний статус об'єктів дослідження [2, с. 23].

Вагомі результати в оцінці антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг отримали у 2013 році українські вчені Магась Н.І. та Трохименко А.Г. Дослідники визначили основні проблеми маловодної Миколаївської області та ділянки басейну Південного Бугу з найбільшим антропогенним навантаженням [3, с. 48]. Оцінена якість води в річках басейну Південного Бугу за показником інтегрального екологічного індексу.

Оцінкою якості води верхньої та середньої ділянок р. Південний Буг у районі потужних питних водозаборів Вінницької області у 2015 році займалися фахівці інституту колоїдної хімії та хімії води ім. В. Думанського НАН України Єзловська І.С., Шунков В.С. та Буланюк С.М. Науковці проаналізували еколого-гігієнічний стан водних ресурсів басейну річки за екологічними та гігієнічними критеріями [4, с. 22].

Дослідники систематично акцентують увагу на необхідності регулярної оцінки якості вод річок України, екологічного стану водних об'єктів, визначення можливості відновлення водних ресурсів [5, с. 103; 6, с. 117; 7, с. 123] на основі використання комплексних методик оцінки стану водних об'єктів в умовах антропогенного навантаження [8, с. 44; 9, с. 281; 10, с. 151].

Виконана екологічна оцінка якості води середньої течії річки Південний Буг за 2019 рік відповідно до нормативів якості поверхневих вод, призначених для різних водокористувачів.

Постановка завдання. Мета статті – проведення комплексної екологічної оцінки якості води середньої течії річки Південний Буг за період спостереження 2019 року за різними методиками визначення якості води поверхневих водних об'єктів відповідно до питних, рибогосподарських, культурно-побутових та рекреаційних нормативів.

Оцінка якості води за комплексними індексами передбачає розрахунок за всіма показниками якості вод або за їхніми частинами. Послідовність виконання оцінки складається із двох етапів: на першому етапі здійснюється розрахунок значення показника, а на другому за розрахованим значенням індексу й за шкалою якості дається словесна характеристика води [11, с. 71].

До I класу належать поверхневі води, на які найменше впливає антропогенне навантаження (гідрохімічні й гідробіологічні показники, близькі до природних значень для цього регіону). Води II класу характеризуються певними змінами проти природних, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги. III клас якості води притаманний водам, котрі перебувають під значним антропогенним навантаженням, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. До IV–VII класів якості належать води з порушеними екологічними показниками, а їхній екологічний стан оцінюється як екологічний регрес [11, с. 72].

Оцінка якості води за модифікованим індексом забруднення води виконується за шістьма показниками: біохімічне споживання кисню (BCK_5) та розчинений кисень (O_2) є обов'язковими, а інші чотири показники беруть із найбільшими відношеннями по *ГДК* з переліку: SO_4^{2-} , Cl^- , XCK , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $Fe_{заг}$, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , As^{3+} , нафтопродукти (НП), синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) [11, с. 71].

Методика Гідрохімічного інституту (ГХІ) [11, с. 72; 12, с. 119] дозволяє отримати однозначну оцінку якості води і провести на її основі класифікацію води водного об'єкту за ступенем придатності для основних видів водокористування. Оцінка виконується на основі комбінаторного індексу забруднення та охоплює декілька етапів. Спочатку визначається характер забруднення за розміром умовного коефіцієнта комплексності; далі встановлюється рівень і клас якості води за розміром комбінаторного індексу забруднення; потім виділяється пріоритетні забруднюючі компоненти за кількістю і складом лімітуючих показників забруднення; заключним етапом проводиться диференційована оцінка лімітуючих забруднюючих речовин [11, с. 75; 12, с. 127; 13, с. 202].

Виклад основного матеріалу дослідження. Вихідною інформацією для оцінки якості водних ресурсів середньої течії річки Південний Буг у межах Вінницької та Миколаївської областей (у створах: р. Південний Буг – м. Хмільник (652 км від гирла); р. Південний Буг – м. Вінниця (582 км від гирла); р. Південний Буг – м. Вознесенськ (97 км від гирла)) є результати аналітичного контролю поверхневих вод Державного агентства вод за 2019 рік, котрі були систематизовані в таблиці середньорічних концентрацій забруднюючих речовин.

Виконана оцінка якості води за гідрохімічними показниками за індексом забруднення води (*ІЗВ*) відповідно до питних, рибогосподарських, культурно-побутових та рекреаційних нормативів. Приклад розрахунків відповідно до рибогосподарських норм, які найбільш жорстко встановлюють *ГДК* для більшості неорганічних та органічних речовин, наведені в таблиці 1.

Оцінка якості води за модифікованим індексом забруднення (*МІЗВ*) виконана відповідно до питних, рибогосподарських, культурно-побутових та рекреаційних нормативів для середньої течії річки Південний Буг, а приклад розрахунків за нормативами поверхневих вод, призначених для питних потреб, наведені в таблиці 2.

Таблиця 1

Комплексна оцінка якості води за індексом забруднення (*ІЗВ*) за рибогосподарськими нормативами за 2019 р.

| № | Показник | <i>ГДК_i</i> | р. Південний Буг – м. Вінниця | |
|-------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| | | | <i>C_i</i> | <i>C_i/ГДК_i</i> |
| 1 | Розчинений кисень | >6,0 | 7,8 | 0,77 |
| 2 | БСК ₅ | 3,0 | 5,1 | 1,70 |
| 3 | Амоній іон | 0,5 | 1,12 | 2,24 |
| 4 | Нітрити | 0,08 | 3,72 | 46,5 |
| 5 | Нафтопродукти | 0,05 | 0 | 0 |
| 6 | Феноли | 0,001 | 0 | 0 |
| Σ | | | | 51,21 |
| Клас якості | | | | <i>ІЗВ</i> =8,54 VI клас (дуже брудна) |

Таблиця 2

Оцінка якості води за модифікованим індексом забруднення (*ІЗВ*) за нормативами поверхневих вод, призначених для питних потреб за 2019 р.

| № | Показник | <i>ГДК_i</i> | р. Південний Буг – м. Хмільник | |
|-------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| | | | <i>C_i</i> | <i>C_i/ГДК_i</i> |
| 1 | Розчинений кисень | ≥4,0 | 8,1 | 0,49 |
| 2 | БСК ₅ | <4,0 | 5,8 | 1,45 |
| 3 | ХСК | 15 | 37,5 | 2,50 |
| 4 | СПАР | 0,5 | 4,6 | 9,20 |
| 5 | Нітрити | 0,5 | 3,80 | 7,60 |
| 6 | Амоній | 0,5 | 0,76 | 1,52 |
| Σ | | | | 22,76 |
| Клас якості | | | | <i>ІЗВ</i> =3,79 IV клас (забруднена) |

Наступним етапом дослідження було проведення оцінки якості води середньої течії річки Південний Буг та придатності цих вод для використання різними водокористувачами за методикою Гідрохімічного інституту, яка передбачає розрахунок комбінаторного індексу забруднення *KIЗ*. Результати розрахунків *KIЗ* і *ЛПЗ* та визначення класифікації якості наведені, наприклад, для створу р. Південний Буг – м. Вознесеньк у таблиці 3.

Таблиця 3

Оцінка якості води р. Південний Буг – м. Вознесеньк за комбінаторним індексом забруднення (*KIЗ*) за рибогосподарськими нормативами за 2019 р.

| № п/п | Показник | C_i | P_i | Бал | K_i | Бал | Загальний бал | Характеристика якості | <i>ЛПЗ</i> |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-----|-------|-----|-------------------------------|-----------------------|------------|
| 1 | БСК ₅ | 1,65 | 0,11 | 2 | 0,55 | 1 | 2 | забруднена | 0 |
| 2 | Розчинений кисень | 11,1 | 0,0 | 1 | 0,55 | 1 | 1 | слабо забруднена | 0 |
| 3 | Завислі речовини | 1,6 | 0,0 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | слабо забруднена | 0 |
| 4 | Іон амонію | 1,04 | 0,25 | 2 | 2,10 | 2 | 4 | брудна | 0 |
| 5 | Нітрит-іон | 2,29 | 0,75 | 4 | 28,6 | 3 | 12 | неприпустимо брудна | 1 |
| 6 | Нітраг-іон | 3,30 | 0,0 | 1 | 0,08 | 1 | 1 | слабо забруднена | 0 |
| 7 | Хлориди | 58,3 | 0,0 | 1 | 0,19 | 1 | 1 | слабо забруднена | 0 |
| 8 | Сульфати | 108 | 0,75 | 4 | 1,08 | 1 | 4 | брудна | 0 |
| 9 | СПАР | 1,48 | 0,50 | 3 | 14,8 | 3 | 9 | дуже брудна | 0 |
| 10 | ХСК | 25,0 | 0,90 | 4 | 1,25 | 1 | 4 | брудна | 0 |
| 11 | Фосфати | 0,52 | 0,0 | 1 | 0,15 | 1 | 1 | слабо забруднена | 0 |
| Σ | | | | | | | <i>KIЗ</i>=40 | | 1 |
| $n = 11$; 1 <i>ЛПЗ</i> ; $KIЗ = 40 = (40/11) n = 3,64 n$ | | | | | | | клас IV а, дуже брудна | | |

Порівняльна характеристика індексів забруднення води (*IЗВ*), модифікованих індексів забруднення (*МІЗВ*) та комбінаторних індексів забруднення (*KIЗ*) для середньої течії річки Південний Буг за 2019 р. та екологічна оцінка якості води водного об'єкту наведена в таблиці 4.

Індекс забруднення води за період спостережень змінювався в межах 0,68–8,62, максимальна величина ($IЗВ = 8,62$) характерна для верхньої течії ділянки дослідження (р. Південний Буг – м. Хмільник).

Загалом, клас якості води змінювався від II (чиста) для нормативів культурно-побутового та рекреаційного призначення до IV класу (дуже брудна) для рибогосподарських нормативів. Використання модифікованого індексу забруднення показало, що якість води набагато гірша: кількісні показники змінюються від 2,00 (р. Південний Буг – м. Вінниця, м. Вознесеньк) до 16,6 (р. Південний Буг – м. Хмільник), а відповідний їм ступінь чистоти оцінюється як «чиста» (культурно-побутове та рекреаційне призначення) та «дуже брудна» (рибогосподарське призначення). Спостерігається незбіг результатів розрахунків за модифікованим та не модифікованим *IЗВ*, тому виконано подальше дослідження якості води за методикою Гідрохімічного інституту. Результати оцінки якості води середньої течії р. Південний Буг за комбінаторним індексом забруднення мають переважно

Таблиця 4

**Зведені результати оцінки якості води середньої течії
річки Південний Буг за різними методиками за нормативами
якості води поверхневих водних об'єктів за 2019 р.**

| Пост | Якісна оцінка ступеня забруднення | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|--------------------|------|-----|--------------------|-----|-----|-------------|
| | ІЗВ | | | МІЗВ | | | КІЗ | | |
| рибогосподарські нормативи | | | | | | | | | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник (652 км від гирла) | 8,62 | IV | дуже брудна | 16,6 | VII | надзвичайно брудна | 30 | III | брудна |
| р. Південний Буг – м. Вінниця (582 км від гирла) | 8,54 | IV | дуже брудна | 16,0 | VII | надзвичайно брудна | 30 | III | брудна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ (97 км від гирла) | 7,48 | IV | дуже брудна | 14,0 | VII | надзвичайно брудна | 40 | IV | дуже брудна |
| нормативи питних потреб | | | | | | | | | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник (652 км від гирла) | 1,84 | III | помірно забруднена | 3,79 | IV | забруднена | 36 | III | брудна |
| р. Південний Буг – м. Вінниця (582 км від гирла) | 1,91 | III | помірно забруднена | 4,00 | IV | забруднена | 35 | III | брудна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ (97 км від гирла) | 1,66 | III | помірно забруднена | 3,00 | IV | забруднена | 29 | III | брудна |
| нормативи культурно-побутового та рекреаційного призначення | | | | | | | | | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник (652 км від гирла) | 0,69 | II | чиста | 2,43 | III | помірно забруднена | 19 | II | забруднена |
| р. Південний Буг – м. Вінниця (582 км від гирла) | 0,79 | II | чиста | 2,00 | III | помірно забруднена | 27 | III | брудна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ (97 км від гирла) | 0,68 | II | чиста | 2,00 | III | помірно забруднена | 28 | III | брудна |

III клас якості води, відповідно до якого річкова вода характеризується як «брудна» для всіх видів водокористувачів.

Аналіз концентрацій речовин за довжиною річки Південний Буг у межах Вінницької та Миколаївської областей демонструє низьку здатність річки до саморегуляції та самоочищення у 2019 році й доводить наявність суттєвого негативного техногенного впливу на систему хімічного складу води річки. Найчастіше спостерігалось перевищення значень нормативів якості вод водних об'єктів щодо нітритів, синтетичних поверхнево-активних речовин, амонію сольового, хімічного споживання кисню, що має руйнівний вплив на розвиток водних біоресурсів та аквакультури.

Зведені результати екологічної оцінки якості води річки Південний Буг за гідрохімічними показниками демонструють неможливість використання середньої течії річки для рибного господарства, питних та культурно-побутових і рекреаційних потреб.

Висновки і пропозиції. Проведена екологічна оцінка якості води за індексами забруднення, модифікованими індексами забруднення води не є достатньою для обґрунтованого повного висновку щодо придатності поверхневих вод середньої течії річки Південний Буг для використання. Визначення якості води за методикою Гідрохімічного інституту (за комбінаторними індексами забруднення) дозволяє врахувати ефект сумачії шкідливих речовин, підвищити достовірність результатів дослідження та стверджувати з певною вірогідністю, що віднесення середньої частини басейну Південного Бугу до водного об'єкту рибогосподарського, питного та культурно-побутового призначення на сьогодні пов'язано з певними екологічними ризиками. Надалі передбачається дослідження якості річкової води за комплексними показниками екологічного стану.

У процесі інтеграції України до Європейського Економічного Співробітництва (ЄЕС) і Світової організації торгівлі (СОТ) необхідно сформулювати та реалізувати національну стратегію сталого розвитку, збалансовану політику зменшення негативного антропогенного впливу господарської діяльності на природне довкілля загалом та на водні ресурси зокрема.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лемківський С.С., Падун М.М. Рациональне використання і охорона водних ресурсів : підручник. Київ : Либідь, 2006. 280 с.
2. Афанасьєв С.О., Васильчук Т.О., Летицька О.М., Білоус О.П. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. Київ : ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2012. 29 с.
3. Магась Н.І., Трохименко А.Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. *Екологічна безпека*. 2013. № 2(16). С. 48–52.
4. Єзловецька І.С., Шунков В.С., Буланюк С.М. Оцінка якості води Південного Бугу в місцях потужних питних водозаборів Вінницької області. *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. 2015. № 2(17). С. 22–39.
5. Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Assessment of Ecological State and Ecological Reliability of the Lower Section of the Ingulets River. *Hydrobiological Journal. USA*. 2017. Vol. 53/issue 5. P. 103–109.
6. Шахман І.О. Оцінка екологічного стану та екологічної надійності пониззя річки Дніпро. *Екологічні науки*. 2019. №1(24). Т. 1. С. 117–120.
7. Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 123–136.
8. Пічура В.І., Шахман І.О., Бистрянцева А.М. Просторо-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1–2. С. 44–57.
9. Iryna Shakhman, Anastasiia Bystriantseva Environmental approach to assessment of the response of hydroecosystems to anthropogenic load. New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed. Riga, Latvia: "Baltija Publishing". 2019. P. 281–301.
10. Kobets, V., Bystriantseva, A., Shakhman, I. GIS Based Model of Quotas Regulation and its Impact on the Extraction of Ecosystems' Natural Resources and Social Welfare. *ICTERI*, 2105, 2018. P. 151–166.
11. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2012. 168 с.
12. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. *Гидрохимические материалы*. 1983. Т. LXXXVIII. С. 119–129.
13. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ : Ніка-Центр, 2001. 262 с.