

УДК 405.453

DOI <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-4.15>

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Гриб Йосип Васильович

доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри водних біоресурсів
Національного університету водного господарства та природокористування
ORCID ID: 0009-0006-2546-8349

Ковальчук Сергій Володимирович

кандидат сільськогосподарських наук,
голова циклової комісії
Відокремленого структурного підрозділу
«Рівненський технічний фаховий коледж»
Національного університету водного господарства та природокористування
ORCID ID: 0009-0006-2546-8349

Калько Андрій Дмитрович

доктор географічних наук, професор,
голова циклової комісії
Відокремленого структурного підрозділу
«Рівненський технічний фаховий коледж»
Національного університету водного господарства та природокористування
професор кафедри туризму та готельно-ресторанної справи
Національного університету водного господарства
та природокористування
ORCID ID: 0000-0003-4526-5929

У роботі пропонується як один із варіантів вирішення проблем визначення токсичності поверхневих вод через використання показників чисельності домішок і величини мінералізації (добутку розчинності солей).

Надходження забруднюючих домішок у поверхневі води України набуло на тепер критичних для збереження довкілля значень. Згідно з ухваленими нормативними документами, для визначення рибогосподарської якості води приймається рівень перевищення гранично допустимих концентрацій однієї з переважаючих токсичних домішок, за якими визначається індекс токсичності. Цей підхід є, хоч практичним, однак не дуже вдалим, оскільки рівень формування токсичної ситуації визначає сумарний вплив домішок і чинників, водночас не дається оцінка процесу доочищення біотою від органічних домішок, біосинтезу фітопланктону та зоопланктону. Як приклад наведено усереднену оцінку екологічної ситуації у водному середовищі річки Західний Буг у створі нижче міста Сокаль за вмістом токсичних домішок. Зазначені еколого-географічні передумови необхідності здійснення екологічного моніторингу річки Західний Буг, розглянуто загальну характеристику басейну річки. Маємо у створі за результатами спостережень стан водного середовища за п'ятим класом якості, тобто води є дуже брудними.

Як одне із запропонованих рішень щодо виходу із кризової ситуації, пов'язаної з необхідністю зниження токсичності поверхневих вод після припинення воєнних дій в Україні, може стати використання біологічних методів очищення водотоків. Наприклад, через застосування можливості зрошування рибогосподарських ставків, використання для очищення водорослево-рачкових ставів або вертикальних ферментаторів.

Ключові слова: токсичність, поверхневі води, домішки, концентрація, мінералізація, самоочищення.

Hryb Y. V., Kovalchuk S. V., Kalko A. D. Ecological aspects of determining the toxicity of surface waters

The work proposes as one of the options for solving the problems of determining the toxicity of surface waters through the use of indicators of the number of impurities and the amount of mineralization (the solubility product of salts).

The influx of polluting impurities into the surface waters of Ukraine has today acquired critical values for the preservation of the environment. According to the adopted regulatory documents, the level of exceeding the maximum permissible concentration of one of the predominant toxic impurities, which is used to determine the toxicity

index, is used to determine the fishery quality of water. Although this approach is practical, it is not very successful, since the level of formation of a toxic situation determines the total impact of impurities and factors, while the process of purification by biota from organic impurities, biosynthesis of phytoplankton and zooplankton is not evaluated. As an example, an average assessment of the ecological situation in the water environment of the Zahidny Bug River in the area below the city of Sokal based on the content of toxic impurities is given. The ecological and geographical prerequisites for the need for environmental monitoring of the Zahidny Bug River are indicated, and the general characteristics of the river basin are considered. According to the results of observations, we have in the creation the state of the water environment according to the fifth quality class, that is, the waters are very dirty.

As one of the proposed solutions for getting out of the crisis situation associated with the need to reduce the toxicity of surface waters after the cessation of hostilities in Ukraine, the use of biological methods of cleaning watercourses can be. For example, through the application of the possibility of irrigation of fish farming ponds, use for cleaning algae and crustacean ponds or vertical fermenters.

Key words: toxicity, surface waters, impurities, concentration, mineralization, self-purification.

Постановка проблеми. Натепер в умовах війни Росії проти України надходження забруднюючих домішок у поверхневій воді України набуло критичних для збереження довкілля значень. Наприклад, 56% домішок потрапляє у воду після очищення комунальних стоків, 20% – це продукт господарської діяльності агропідприємств, тобто твердий стік і діючі токсичні домішки (пестициди, гербіциди, мінеральні добрива, нафтопродукти, важкі метали) [2, с. 4]. Унаслідок цього нижче за течією великих міст у басейнах водотоків формуються гарячі точки забруднень – бар'єри антропогенного походження для розвитку водної біоти загалом та іхтіофауни зокрема. Замулення водних артерій формує придонні сірководневі зони, що, своєю чергою, згубно впливає на молодь риб і їхню кормову базу. Заростання старіючих озер і мілководдя річок формує інтенсивну трансформацію якісного складу води. Окрім того, відбуваються значні втрати води через їх перетік у ґрунтові води після переосушення меліоративними системами та захоплення території низкою монокультур, що загалом веде до деградації ґрунтів і втрати гумусу.

Як наслідок, проблема визначення токсичності поверхневих вод залишається актуальною і дискусійною, оскільки залежить від багатьох чинників – різноманітності домішок і їх концентрації, їхньої токсичності та комбінованої дії, твердості води та її мінералізації, газового режиму, редокс-потенціалу [1, с. 118].

Аналіз джерел та останніх досліджень. Дослідження параметрів якості та токсичності поверхневих вод, суттєвого порушення природного стану річок і глибокого руйнування балансу водної екосистеми відображені у працях вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема, основою для роботи стали теоретичні положення в галузі раціонального використання й охорони водних ресурсів М.О. Клименка, Й.В. Гриба [1–3], В.К. Хільчевського, О.Г. Ободовського, В.В. Гребеня, І.П. Ковальчука, І.В. Гопчака, Я.О. Мольчака, В.І. Осадчого, В.М. Тимченка, А.В. Яцика [3; 7], В.О. Фесюка й інших, гідрохімії – В.І. Пелешенка, С.І. Сніжка й інших.

Мета статті – розкрити можливість вирішення проблем визначення токсичності поверхневих вод через використання показників чисельності домішок і величини мінералізації (добутку розчинності солей) для потреб промислового та питного використання.

Матеріали та методи дослідження. У роботі під час виконання поставлених завдань аналізувалися результати місцевих досліджень, де були використані загальнонаукові та спеціальні методи: ландшафтної екології (геосистемний), структурно-функціональний і методи стандартної обробки гідрологічної та гідрохімічної інформації, гідрологічних розрахунків. З метою аналізу чинників трансформації та формування якості поверхневих вод водотоків застосовувалися методи статистичного аналізу, аналогії, інтерполяції, районування.

Результати дослідження. Натепер згідно з ухваленими нормативними документами для визначення рибогосподарської якості води приймається рівень перевищення ГДК однієї з переважаючих токсичних домішок (іонів деяких металів, фенолів, отрутохімікатів, СПАР, нафтопродуктів тощо), за якими визначається індекс токсичності I_T [6, с. 24; 7, с. 19].

На нашу думку, з досвіду практичної гідрохімії, цей підхід є, хоч і практичним, однак не дуже вдалим, оскільки рівень формування токсичної ситуації визначає сумарний вплив домішок і чинників, водночас не дається оцінка процесу доочищення біотою від органічних домішок, біосинтезу фітопланктону та зоопланктону.

Для оцінювання токсичності водного середовища можна використати формулу:

$$I_T = \left[\left(\frac{\sum C_i}{C_{i_0}} \right) / n \right] \cdot \alpha_1 \alpha_2, \quad (1)$$

де $\left(\frac{\sum C_i}{C_{i_0}} \right)$ – відношення перевищень суми домішок до регламентованих величин;

n – чисельність домішок;

α_1 – коефіцієнт самоочищення водного середовища від органічних домішок, розрахований за

відношенням маси органічного вуглецю до величини BCK_5 ;

α_2 – вплив величини мінералізації на токсичність середовища (оцінюється за добутком розчинності солей).

Надалі необхідно звернути увагу на процес закислення водного середовища. Під час оцінювання результатів досліджень сольового складу мінералізації води давалася оцінка загальної маси, водночас не зверталась увага на процеси закислення. Коефіцієнт закислення можна вирахувати за відношенням суми хлоридних і сульфатних іонів, визначених під час гідрохімічних зйомок, до їхніх концентрацій [3, с. 25].

Отже, можна зазначити, що:

$$\alpha_2 = \frac{\left(CL^- + SO \frac{2-}{4} \right)_\phi}{\left(CL^- + SO \frac{2-}{4} \right)_p} \quad (2)$$

Як приклад наведемо усереднену оцінку екологічної ситуації у водному середовищі річки Західний Буг у створі нижче м. Сокаль (власні дані) за вмістом токсичних домішок (табл. 1). Річка Західний Буг є притокою II порядку р. Вісла, однією з найбільших річок України та єдиною рікою, яка впадає в Балтійське море [4, с. 82; 5, с. 52]. Середньорічний поверхневий стік, який формується в межах України, становить 1 317 млн м³. Стан поверхневих вод річки Західний Буг значно залежить від негативних впливів, яких вони зазнають у процесі водокористування та господарської

діяльності на водозборі. В українській частині басейну Західного Бугу зареєстровано 444 водокористувачі [5, с. 53], серед них із прямими випусками стічних вод – 43, решта здійснюють скиди в загальні міські каналізаційні системи. Серед точкових джерел забруднення 40% становлять підприємства житлово-комунального господарства [4, с. 84]. Мережа державного моніторингу якості вод басейну р. Західний Буг складається із 13-ти затверджених пунктів (створів) спостережень, які розташовані на р. Західний Буг та її притоках [5, с. 53].

Індекс токсичності за іонами металів становить 67,8.

Коефіцієнт самоочищення за відношенням маси органічного вуглецю до величини біохімічного споживання кисню за п'ять діб $28,0/4,0 = 7,0$. Тоді рівень токсичності за створом спостережень становитиме:

$$I_T = 13,0 \cdot 7 = 91.$$

Отже, ми матимемо у створі спостережень стан водного середовища за п'ятим класом якості, тобто води є дуже брудними [4, с. 6].

За даними досліджень ученими з польської сторони у створі села Литовеж спостерігається перевищення за вмістом іонів міді, цинку, хрому, заліза, нафтопродуктів, СПАР (табл. 2).

Узгоджені показники у воді створу річки Західний Буг біля села Литовеж демонструють значні перевищення рівнів токсичності за одинадцятьма позиціями, що усереднено:

Таблиця 1

Токсичність води в р. Західний Буг за домішками нижче м. Сокаль, мкг/дм³

| № | Види домішок | Регламентовані величини | Фактичне значення | Перевищення ГДК |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | Ртуть | 0,02–0,05 | не визн. | 0 |
| 2 | Кадмій | 0,1 | не визн. | 0 |
| 3 | Мідь | 1,0 | 54,0 | 54 |
| 4 | Цинк | 10,0–15,0 | 8,0 | 2 |
| 5 | Свинець | 2,0–5,0 | 11,0 | 2 |
| 6 | Хром заг. | 2,0–3,0 | 4,0 | 1,3 |
| 7 | Нікель | 1,0–5,0 | 2,0 | 0,5 |
| 8 | Миш'як | 1,0–3,0 | не визн. | 0 |
| 9 | Залізо заг. | 50,0–70,0 | 100,0 | 2 |
| 10 | Марганець | 1,0–3,0 | 5,0 | 2 |
| 11 | Фториди | 100,0–125,0 | 20,0 | 0 |
| 12 | Ціаніди | 1,0–5,0 | не визн. | 0 |
| 13 | Нафтопродукти | 10,0–25,0 | 20,0 | 0 |
| 14 | Феноли леткі | менше 1,0 | 2,0 | 2 |
| 15 | СПАР | менше 10,0 | 20,0 | 2 |
| Сума перевищень за іонами металів | | | | 67,8 |

Таблиця 2

Токсичність води в р. Західний Буг за домішками у створі с. Литовеж, мкг/дм³

| № | Види домішок | Регламентовані величини | Фактичне значення | Коефіцієнт перевищення |
|---------------------------------------|---|-------------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | Ртуть | 0,02–0,05 | 0,2 | 4,4 |
| 2 | Кадмій | 0,1 | 5,0 | 50,0 |
| 3 | Мідь | 1,0 | 18,0 | 18,0 |
| 4 | Цинк | 10,0–15,0 | 487,0 | 32,0 |
| 5 | Свинець | 2,0–5,0 | 30,0 | 6,0 |
| 6 | Хром заг. | 2,0–3,0 | 10,0 | 3,3 |
| 7 | Нікель | 1,0–5,0 | 30,0 | 6,0 |
| 8 | Миш'як | 1,0–3,0 | не визн. | 0 |
| 9 | Залізо заг. | 50,0–70,0 | 522,0 | 10,0 |
| 10 | Марганець | 1,0–3,0 | 0,17 | 0 |
| 11 | Алюміній | 10,0 | не визн. | 0 |
| 12 | Сольовий фон, хлорити мкг/дм ³ | 50,0 | 116,0 | 2,3 |
| 13 | Нафтопродукти | 10,0–25,0 | 60,0 | 2,0 |
| 14 | Феноли леткі | менше 1,0 | 3,0 | 3,0 |
| 15 | СПАР | менше 10,0 | 209,0 | 21,0 |
| 16 | Сульфати | 10,0 | 128,0 | 13,0 |
| 17 | Органічна речовина, $C_{орг}$ | 7,0 | 30,0 | 4,3 |
| Сумарне перевищення за іонами металів | | | | 165,4 |

Прим. За еталон прийняті регламентовані дані. З польського боку за еталон прийняті дані другого класу якості вод.

$$I_T = 163,0/10 = 16,3.$$

Коефіцієнт самоочищення становитиме:

$$\alpha_1 = C_{орг} / БСК_5 = 30/18 = 1,6.$$

Отже, токсичність води річки Західний Буг у створі села Литовеж становить:

$$I_T = 163,0 \cdot 1,6 = 22,1.$$

За видами токсичних домішок, що переважають (коефіцієнт більше 10,0), екологічний індекс токсичності становитиме:

$$I_T = 30,0 \cdot 1,6 = 48,0.$$

Тобто води можна віднести до п'ятого класу токсичності.

За даними наших спостережень, токсичність вільних іонів важких металів більше проявляється в м'якій слабомінералізованій воді. У високомінералізованій воді токсичність знижується завдяки комплексоутворенню, зокрема й завдяки закислим формам іонів заліза та марганцю. У разі планової можливості підживлення річки Прип'ять водою з річки Західний Буг станеться підвищення рівня токсичності та зниження продуктивності за кормовою базою й іхтіофауною.

Як одне із запропонованих рішень щодо виходу із кризової ситуації, пов'язаної з необхідністю зниження токсичності поверхневих вод після припинення воєнних дій в Україні, може стати використання біологічних методів очищення

водотоків [2, с. 10]. Наприклад, через застосування можливості зрошування рибогосподарських ставків, використання для очищення водорослево-рачкових ставів або вертикальних ферментаторів. Доочищена вода в буферних ставах може бути використана для рибництва (підросування молоді риби), а також для зрошення сільськогосподарських культур, зважаючи на підвищення температури повітря в літню пору та дефіцит вологості, а також для збагачення кормом іхтіофауни водойм. Водорослево-рачкові стави можуть бути використані також для очищення стоків тваринницьких комплексів із повторним використанням води для зрошення.

Висновки. Охорона водних ресурсів є однією з найбільш складних проблем водного господарства. У плануванні водогосподарських заходів необхідно враховувати загальний характер, тенденції та розміри втручання людини у природні процеси, реально оцінювати та прогнозувати екологічні, економічні та соціальні наслідки [2, с. 4].

За наявної методологічної бази варто узгодити показники концентрацій домішок, що формують токсичність водного середовища. Важливо допрацювати методології екологічного оцінювання якості води з урахуванням комплексного впливу домішок і самоочисної здатності водного середовища та впливу мінералізації на токсичність домішок.

Література:

1. До питання визначення токсичності поверхневих вод / В.Й. Гриб та ін. *Екологія. Людина. Суспільство* : матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції, 5 червня 2024 р. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2024. С. 118–121. <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303421>.
2. Гриб Й.В., Сіренко Л.Я. Екологічна оцінка сучасного стану поверхневих вод України (методичні аспекти). *Український географічний журнал*. 1996. № 3. С. 3–11.
3. Сучасний стан поверхневих вод України: методичні підходи та екологічна оцінка / О.І. Денисова та ін. *Водне господарство України*. 1996. № 6. С. 24–28.
4. Калько А.Д., Басюк Т.О. Географічні аспекти моніторингу річки Західний Буг. *Природнича освіта та наука*. Рівне : РДГУ ; Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 1. С. 82–86. DOI: 10.32782/NSER/2023-1-12.
5. Узагальнена оцінка якості вод річки Західний Буг у сучасний період / А.Д. Калько та ін. *Природа для води* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів, 22 березня 2018 р. Київ : ТОВ ЦП «Компринт», 2018. С. 52–53.
6. Методика встановлення та використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В.Д. Романенко та ін. Київ, 2001. 48 с.
7. Досвід використання «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (пояснення, застереження, приклади) / А.В. Яцик та ін. Київ : Оріони, 2006. 60 с.

References:

1. Hryb, Y.V., Kovalchuk, S.V., & Kalko, A.D. Do pitannya vyznachennya toksichnosti poverhnevih vod [To the question of determining the toxicity of surface waters]. *Ekologiya. Lyudina. Suspilstvo: materialy XXIV Miznarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii*, 5 chervnya 2024 r. Kiiv: KPI imeni Igorya Sikorskogo, 2024. S. 118–121. <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303421> [in Ukrainian].
2. Hryb, Y.V., & Sirenko, L.Y. (1996). Ekologichna ocinka suchasnogo stanu poverhnevih vod Ukraini (metodichni aspekti) [Ecological assessment of the current state of surface waters of Ukraine (methodological aspects)]. *Ukrainskii geografichnii jurnal*. № 3. S. 3–11 [in Ukrainian].
3. Denisova, O.I., Serebryakova, T.M., Chernyavska, A.P., Yacik, A.V., Hryb, Y.V., Sirenko, L.Y., Vernichenko, G.A., Rudenko, L.O., Razov, V.P. (1996). Suchasni stan poverhnevih vod Ukraini: metodichni pidhodi ta ekologichna ocinka [Current state of surface waters of Ukraine: methodical approaches and ecological assessment]. *Vodne hospodarstvo Ukraini*. № 6. S. 24–28 [in Ukrainian].
4. Kalko, A.D., & Basiuk, T.O. (2023). Geografichni aspekti monitoringu richki Zahidnii Bug [Geographical aspects of monitoring the Western Bug River]. *Prirodniha osvita ta nauka*. Rivne. RDGU. Vidavniczii dim "Helvetika". Vipusk 1. S. 82–86. DOI: 10.32782/NSER/2023-1-12 [in Ukrainian].
5. Kalko, A.D., Basiuk, T.O., Gopchak, I.V., Nikityk, D.I., Mushka, G.G., Melnichuk, A.S. (2018). Uzagalнена ocinka yakosti vod richki Zahidnii Bug v suchasni period [Generalized assessment of the water quality of the Zahidny Bug River in the modern period]. *Materialy Miznarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii "Priroda dlya void", prisvyachenoi Vsesvitnyomu dnu vodnih resursiv*, 22 bereznia 2018 r. Kiiv: Komprint, I. 52–53 [in Ukrainian].
6. Romanenko, V.D., Jukinskii, V.M., Oksiyuk, O.P. (2001). Metodika vstanovlennya ta vikoristannya ekologichnih normativiv yakosti poverhnevih vod sushi ta estuariiv Ukraini [Methodology for establishing and using ecological standards for the quality of surface waters of land and estuaries of Ukraine]. Kiiv. 48 s. [in Ukrainian].
7. Yacik, A.V., Julinskii, V.M., Chernyavska, A.P., & Yezlovecka, I.S. (2006). Dosvid vikoristannya "Metodiki ekologichnoi ocinki yakosti poverhnevih vod za vidpovidnimi kategoriyami" (poyasnennya, zasteregennya, prikladi) [Experience of using the "Methodology of environmental assessment of the quality of surface water according to the relevant categories" (explanations, warnings, examples)]. Kiiv: Orioni, 60 s. [in Ukrainian].