

УДК 574.64:504.064

DOI https://doi.org/10.32782/NSER/2024-6.14

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНОГО СТАНУ Р. ХОРОЛ У МЕЖАХ М. МИРГОРОД

Крайнюков Олексій Миколайович

доктор географічних наук, професор,
професор кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
ORCID: 0000-0002-5264-3118
Scopus Author ID: 57211795234
Researcher ID: AAD-7443-2020

Кривицька Іветта Анатоліївна

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
ORCID: 0009-0004-9543-7076

Аналізуючи досягнення останніх років у галузі застосування методу біотестування у природоохоронній практиці, слід відзначити, що можливості впровадження біологічних тестів багатогранні та перспективні. Біологічні тести доступні і дешеві (при використанні спеціально опрацьованих для практичних потреб модифікацій), не вимагають спеціальної підготовки фахівців і легко можуть бути застосовані у виробничих та дослідних лабораторіях.

*У роботі наведено результати еколого-токсикологічних досліджень якості води р. Хорол у межах м. Миргород. У навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна було проведено серію експериментальних досліджень з визначення хронічної токсичності води з річки Хорол, для цього було використано методику біотестування з визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, яка ґрунтується на встановленні різниці між виживаністю і (або) плодючістю церіодафнії у воді, що аналізується (експеримент) та у воді, в якій церіодафнії культивуються (контроль). Відбір зразків поверхневих вод з р. Хорол у межах м. Миргород було здійснено в липні та жовтні 2024 року. Зразки відбирались з 7 створів р. Хорол. У результаті проведених експериментальних досліджень токсичні властивості у зразках води з р. Хорол було визначено у 10 з 14 зразків, тобто у 71%. Незадовільний стан якості 10 зразків води з р. Хорол у межах м. Миргород у літній та осінній періоди можливо пояснити впливом поверхневого стоку з урбанізованої території, скидами стічних вод підприємствами комунального господарства та складними для водних біоценозів кліматичними умовами цього літа. Результати біотестування можна використовувати для скринінгу токсичних екологічно небезпечних хімічних речовин та сумішей, що пропонуються для застосування у різних галузях економіки; контролю токсичності різних категорій зворотних вод на всіх стадіях їх утворення та на скидах у поверхневій водні об'єкти; визначення токсичних властивостей поверхневих, підземних та питних вод.*

Ключові слова: забруднення, якість води, біотестування, хронічна токсичність, тест-об'єкт.

Krainiukov O. M., Kryvytska I. A. Research of the ecological and toxicological state of the Khorol river within the boundaries of the city of Myrhorod

Analyzing the achievements of recent years in the field of application of the biotesting method in environmental practice, it should be noted that the possibilities of implementing biological tests are multifaceted and promising. Biological tests are available and cheap (when using modifications specially developed for practical needs), do not require special training of specialists and can be easily applied in production and research laboratories.

*The work presents the results of ecological and toxicological studies of the water quality of the Khorol River within the city of Myrhorod. In the educational and research laboratory of ecological and toxicological studies of the educational and scientific institute of ecology of the Kharkiv National University named after V. N. Karazin conducted a series of experimental studies to determine the chronic toxicity of water from the Khorol River, for this purpose, a biotesting method was used to determine the chronic toxicity of water on the crustacean *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, which is based on establishing the difference between the survival and (or) fecundity of ceriodaphnia in the water being analyzed (experiment) and in the water*

in which ceriodaphnia are cultivated (control). Sampling of surface water from the Khorol River within the city of Myrhorod was carried out in July and October 2024. Samples were taken from 7 sections of the Khorol River. As a result of the experimental studies, toxic properties in water samples from the Khorol River were determined in 10 out of 14 samples, i.e. 71%. Unsatisfactory quality of 10 water samples from the Khorol River within the city of Myrhorod in the summer and autumn periods can be explained by the influence of surface runoff from the urbanized area, wastewater discharges by municipal enterprises and difficult climatic conditions for aquatic biocenoses this summer. The results of biotesting can be used for screening of toxic environmentally hazardous chemicals and mixtures proposed for use in various sectors of the economy; monitoring the toxicity of various categories of return waters at all stages of their formation and at discharges into surface water bodies; determining the toxic properties of surface, groundwater and drinking waters.

Key words: *pollution, water quality, biotesting, chronic toxicity, test object.*

Постановка проблеми та її актуальність.

Прісноводні екосистеми мають важливе значення для життя людини, оскільки існує певна залежність від різноманітних послуг, які надає прісна вода, – чи то послуги забезпечення (їжа, паливо, питна вода), регулюючі послуги (регулювання клімату, регулювання природних небезпек), культурні послуги (культурне різноманіття, екотуризм) або допоміжні послуги (фотосинтез, кругообіг поживних речовин, кругообіг води). Незважаючи на визнану важливість прісної води, існує багато загроз для її цілісності, що ставить під загрозу доступність екосистемних послуг, які вона надає. Ця ситуація викликає серйозне занепокоєння в країнах, що розвиваються, хоча це відбувається і в розвинених країнах [1]. Більшість цих послуг пов'язана з прямою вигодою для людства, але експлуатація прісних вод і пов'язаних з ними послуг і товарів продовжує зростати, впливаючи на соціальні та природні відносини в цілому [2].

З моменту прийняття у 2000 році Водна рамкова директива (ВРД) була одним із найважливіших законодавчих актів щодо захисту, покращення та відновлення водних тіл у державах-членах Європейського Союзу (ЄС). Це також змінило парадигму управління водними ресурсами шляхом переходу від антропоцентричного погляду на воду (визначення її як ресурсу для прямого використання людством) попередніх нормативних актів ЄС до екоцентричного погляду (де вода розглядається як власник екосистеми), встановлення екологічного статусу як нової концепції та зосередження уваги на цілісності екосистеми як основі управлінських рішень щодо якості води.

Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Співтовариством Україна зобов'язалась імплементувати шість водних директив ЄС шляхом поступового наближення національного законодавства до законодавства та політики ЄС у сфері якості води та управління водними ресурсами, а також розробки секторальної стратегії у цій галузі.

Україна зобов'язалась гармонізувати своє водне законодавство з шістьма водними директивами ЄС: Директива 2000/60/ЄС Європейського

Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року, яка встановлює рамки діяльності Співтовариства в галузі водної політики, Директива Ради 98/83/ЄС листопада 1998 року про якість води, призначеної для споживання людиною (Директива про питну воду), Директива Ради 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 року про очистку міських стічних вод, Директива Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел (Директива про нітрати), Директива 2007/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку та управління ризиками повеней (Директива про повені) та Директива 2008/56/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року, яка встановлює рамки діяльності Співтовариства в галузі екологічної політики щодо морського середовища.

Наразі внесені відповідні зміни у Водний Кодекс України. З метою імплементації права ЄС в Україні впроваджено систему інтегрованого управління за басейновим принципом, а також забезпечено формування басейнових рад.

Триває процес підготовки планів управління річковими басейнами відповідно до Порядку розроблення плану управління річковим басейном, затвердженого Урядом України. Наразі підготовлені проекти 9 ПУРБ (басейни Дніпра, Дністра, Дону, Дунаю, Вісли, Південного Бугу та річок Причорномор'я, Приазов'я та Криму). Окрім того, запроваджено діагностичний моніторинг якості вод у всіх річкових басейнах України, проведено скринінг речовин-забрудників у найбільших річкових басейнах – Дніпра, Дністра та Дону, створено сучасні регіональні екологічні лабораторії для моніторингу якості вод.

За останні десять років біомоніторинг водних екосистем Європи суттєво змінився. Розробка відбувалася завдяки ВРД ЄС 2000/60/ЄС, яка вимагала методів оцінки для різних типів екосистем («категорії води»: річки, озера, перехідні води, прибережні води) і різних груп організмів («біологічні елементи якості»: фітопланктон, водна флора, бентосні безхребетні, риба). ВРД змінила цілі управління з простого контролю забруднення

на забезпечення цілісності екосистеми. Погіршення та покращення екологічного стану визначається реакцією біоти, а не змінами параметрів середовища. Загалом головною метою ВРД є досягнення доброго екологічного стану поверхневих вод Європи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Звичайні хімічні методи мають властиві обмеження у виявленні невідомих хімічних речовин у воді. У результаті методи, засновані на ефекті відгуку на вплив, з'явилися як життєздатна альтернатива для подолання цих обмежень. Ці методи забезпечують більш точні та інтуїтивно зрозумілі оцінки токсичних властивостей води.

З розвитком індустріальної цивілізації люди скидають у водне середовище широкий спектр речовин-забрудників під час виробництва та повсякденної діяльності, таких як фармацевтичні препарати та засоби особистої гігієни, пестициди, антипірени, промислові хімікати, побічні продукти дезінфекції тощо [3]. Ці сполуки мають такі характеристики, як стійкість, біоаккопичення, токсичність і мобільність, які можуть потенційно шкідливо впливати на екологічну безпеку та здоров'я людини [4]. Отже, критично важливою стає оцінка якості води водних об'єктів.

Хімічний і біоаналітичний аналіз є двома методами, які використовуються для оцінки якості води. Однак звичайні хімічні методи мають обмеження, оскільки вони вимірюють лише конкретні забруднювачі та не повністю враховують вплив хімічних сумішей на навколишнє середовище. Деякі органічні мікрозабруднювачі та продукти їх перетворення не регулюються та не контролюються, але вони можуть мати негативну біологічну дію в сумішах. Дослідження показали, що токсичність речовин, виявлених хімічними методами, може пояснити лише невелику частину загальної токсичності води, іноді навіть менше 1% [3]. Отже, існує нагальна потреба впровадити методи, засновані на ефектах впливу, у моніторинг якості води [5]. Однак застосування методів, заснованих на ефектах впливу у регулятивних системах, стикається з кількома проблемами, такими як відсутність стандартизованих біотестів та еквівалентних кількісних значень ефекту. Багато біоаналітичних інструментів оцінюють токсичність шляхом порівняння токсичних ефектів зразка з ефектами контрольної групи [6].

Щоб розкрити внесок речовин-забрудників у загальну цілісність водних екосистем, надзвичайно важливо розробити кількісні методи визначення токсичності води. Хоча існують численні огляди біоаналітичних інструментів [7, 8], лише деякі з них розглядають кількісні методи визначення токсичності води. Наприклад, у роботі [6] автори розглянули різні категорії екотоксикологічних тестів, які використовувалися для оцінки

впливу хімічного стресу на водні системи, а також проблеми, пов'язані з кількісною екстраполяцією результатів тестів (від *in vitro* до *in vivo* та між видами). Кілька нових кількісних методів з визначення токсичності з'явилися в останні роки. У [9] статті розглядається розробка та застосування різних кількісних методів водної токсичності для оцінки якості води. У статті міститься короткий вступ до біоаналітичних інструментів та їх застосування для оцінки якості води, охоплюючи стічні води, питну воду та поверхневі води. Обговорюються різні методи кількісного визначення токсичності, порівнюються їх сильні та слабкі сторони. Крім того, у статті досліджуються потенційні досягнення в методах кількісного визначення токсичності у майбутньому.

Мета – еколого-токсикологічні дослідження якості води р. Хорол у межах м. Миргород.

Виклад основного матеріалу. У навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна було проведено експериментальні дослідження з визначення хронічної токсичності води з річки Хорол. Для цього було використано методіку біотестування з визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, яка ґрунтується на встановленні різниці між виживаністю і (або) плодючістю церіодафній у воді, що аналізується (експеримент), та у воді, в якій церіодафнії культивуються (контроль).

Критерієм хронічної токсичності води з водного об'єкта є статистично значиме зменшення виживаності і (або) плодючості церіодафній у досліді порівняно з контролем протягом терміну біотестування. Тривалість біотестування становила 7 діб або до появи в 80% вихідних церіодафній трьох пометів.

Для проведення біотестування використовували церіодафній віком до 24 годин.

Відбір зразків поверхневих вод з р. Хорол у межах м. Миргород було здійснено в липні та жовтні 2024 року.

Зразки відбирались у 7 створах з р. Хорол:

- 1) вул. Київська, міст через р. Хорол;
- 2) ландшафтний парк «Березовий гай», підвищений міст;
- 3) вул. Воскресінська, міст через р. Хорол;
- 4) вул. Гоголя, міст через р. Хорол;
- 5) вул. Харківська, міст через р. Хорол;
- 6) міст Третьяцького;
- 7) залізничний міст.

У результаті проведених еколого-токсикологічних досліджень влітку 2024 року токсичні властивості було визначено у 5 зразках поверхневих вод, відібраних з р. Хорол: вул. Воскресінська, міст через р. Хорол; вул. Гоголя, міст через р. Хорол;

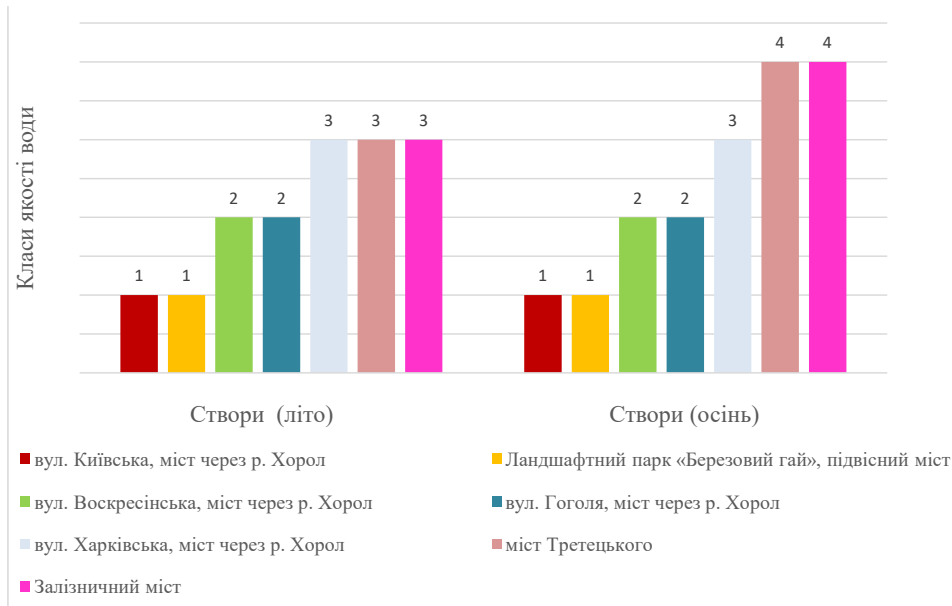


Рис. 1. Узагальнені результати визначення токсичних властивостей зразків води, які було відібрано в різні пори року

вул. Харківська, міст через р. Хорол; міст Третьєцького; залізничний міст (рис. 1).

У створах вул. Воскресінська, міст через р. Хорол та вул. Гоголя, міст через р. Хорол було визначено 2 клас якості води – вода слабозабруднена, а у створах вул. Харківська, міст через р. Хорол та міст Третьєцького і залізничний міст – 3 клас якості води – вода помірно забруднена. Зразки води зі створів вул. Київська, міст через р. Хорол та ландшафтного парку «Березовий гай», підвісний міст не виявили токсичних властивостей.

Восени 2024 року у створах вул. Воскресінська, міст через р. Хорол та вул. Гоголя, міст через р. Хорол було визначено 2 клас якості води – вода слабозабруднена; у створі вул. Харківська, міст через р. Хорол було визначено 3 клас якості води – вода помірно забруднена. У створах міст Третьєцького; залізничний міст – 4 клас якості води (вода брудна). Як і влітку, зразки води зі створів вул. Київська, міст через р. Хорол та ландшафтного парку «Березовий гай», підвісний міст не виявили токсичних властивостей.

Незадовільний стан якості 10 зразків води з р. Хорол у межах м. Миргород у літній та осінній періоди можливо пояснити впливом великої кількості підприємств різних галузей виробництва, зарегульованістю стоку та складними для водних біоценозів кліматичними умовами цього літа.

Висновки. Однією з головних проблем, яка негативно впливає на якість води р. Хорол, є надходження великої кількості біогенних речовин у річку з комунальними та сільськогосподарськими стічними водами із забрудненим поверхневим стоком. Це призводить до евтрофікації річки, що може викликати екологічні зміни з втратою видів водних рослин та риби. І хоча самі по собі фосфор і азот не отруйні, вони призводять до тяжких наслідків, потрапляючи у водні екосистеми, бо сприяють бурхливому розвитку синьо-зелених і бурих водоростей, які споживають велику кількість кисню і таким чином значно зменшують його вміст у воді. Особливо це відчутно для водних організмів у спеку, коли розчинність кисню набагато знижується. Надзвичайно гострою також є проблема з розмноженням ціанобактерій, яка тісно пов'язана з евтрофікацією.

Результати біотестування можна використовувати для скринінгу токсичних екологічно небезпечних хімічних речовин та сумішей, що пропонуються для застосування в різних галузях економіки; контролю токсичності різних категорій зворотних вод на всіх стадіях їх утворення та на скидах у поверхневі водні об'єкти; визначення токсичних властивостей поверхневих, підземних та питних вод.

Література:

1. Carpenter S.R., Stanley E.H., Vander Zanden M.J., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Glidden S., Bunn S.E., Sullivan C.A., Liermann C.R., Davies P.M. State of the World's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2011. № 36 (1). P. 75–99. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
2. Bennett E.M., Peterson G.D., Gordon L.J. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecol. Lett.* 2009. № 12. P. 1394–1404. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>.

3. Caracciolo R., Escher B.I., Yin Lai F., An Nguyen T. Impact of a megacity on the water quality of a tropical estuary assessed by a combination of chemical analysis and in-vitro bioassays. *Science of The Total Environment*. 2023. № 877. P. 9697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162525>.
4. Guo J., Mo J., Qi Q., Peng J., Qi G., Kanerva M., Iwata H., Li Q. Prediction of adverse effects of effluents containing phenolic compounds in the Ba River on the ovary of fish (*Hemiculter leucisculus*) using transcriptomic and metabolomic analyses. *Science of The Total Environment*. 2021. № 801. P. 149554. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149554>.
5. Hale S. E., Škulcová L., Pípal M., Cornelissen G., Oen A. M.P., Eek E., Bielská L. Monitoring wastewater discharge from the oil and gas industry using passive sampling and *Danio rerio* bioassay as complimentary tools. *Chemosphere*. 2019. № 216. pp. 404–412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.162>.
6. Schuijt L.M., Peng F., Berg S.J.P., Milou M.L. (Eco)toxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: Facts, challenges, and future. *Science of The Total Environment*. 2021. № 795. P. 148776. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148776>.
7. Leusch F.D.L., Neale P.A., Grimaldi M., Leroy G., Scheurer M., Schlichting R., Schriks M., Hebert A. Analysis of endocrine activity in drinking water, surface water and treated wastewater from six countries. *Water Research*. 2018. № 139. P. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.056>.
8. Macova M., Toze S., Hodggers L., Mueller J.F., Bartkow M., Escher B.I. Bioanalytical tools for the evaluation of organic micropollutants during sewage treatment, water recycling and drinking water generation. *Water Research*. 2011. № 45. pp. 4238–4247. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.05.032>.
9. Zhang L., Zhang Y., Zhu M., Chen L., Wu B. A critical review on quantitative evaluation of aqueous toxicity in water quality assessment. *Chemosphere*. 2023. № 342. p. 140159. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140159>.

References:

1. Carpenter, S.R., Stanley E.H., Vander Zanden, M.J., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., & Davies, P.M. (2011). State of the World's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 36 (1), pp. 75–99. <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
2. Bennett, E.M., Peterson, G.D., & Gordon, L.J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecol. Lett.*, 12, pp. 1394–1404. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>.
3. Caracciolo, R., Escher, B. I., Yin Lai, F., & An Nguyen, T. (2023). Impact of a megacity on the water quality of a tropical estuary assessed by a combination of chemical analysis and in-vitro bioassays. *Science of The Total Environment*, 877, P. 9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162525>.
4. Guo, J., Mo, J., Qi, Q., Peng, J., Qi, G., Kanerva, M., Iwata, H., & Li, Q. (2021). Prediction of adverse effects of effluents containing phenolic compounds in the Ba River on the ovary of fish (*Hemiculter leucisculus*) using transcriptomic and metabolomic analyses. *Science of The Total Environment*, 801, p. 149554. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149554>.
5. Hale, S. E., Škulcová, L., Pípal, M., Cornelissen, G., Oen, A. M.P., Eek, E., & Bielská, L. (2019). Monitoring wastewater discharge from the oil and gas industry using passive sampling and *Danio rerio* bioassay as complimentary tools. *Chemosphere*, 216, pp. 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.162>.
6. Schuijt, L.M., Peng, F., Berg, S. J.P., & Milou, M.L. (2021). (Eco)toxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: Facts, challenges, and future. *Science of The Total Environment.*, 795, P. 148776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148776>.
7. Leusch, F. D.L., Neale, P. A., Grimaldi, M., Leroy, G., Scheurer, M., Schlichting, R., Schriks, M., & Hebert, A. (2018). Analysis of endocrine activity in drinking water, surface water and treated wastewater from six countries. *Water Research*, 139, pp 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.056>.
8. Macova, M., Toze, S., Hodggers, L., Mueller, J. F., Bartkow, M., & Escher, B. I. (2011). Bioanalytical tools for the evaluation of organic micropollutants during sewage treatment, water recycling and drinking water generation. *Water Research*, 45, pp. 4238–4247. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.05.032>.
9. Zhang, L., Zhang, Y., Zhu, M., Chen, L., & Wu, B.A (2023). Critical review on quantitative evaluation of aqueous toxicity in water quality assessment. *Chemosphere*, 342, P. 140159. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140159>.