

Список літератури

1. <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/hidrolohichna?id=152>
2. Афанасьєв С.О., Юришинець В.І., Воліков Ю.М., Усов О.Є., Ляшенко А.В. Прикладні програми для обробки гідробиологічних даних. Методичний посібник. – Київ, 2019. – 28 с.
3. <http://hydrobio.kiev.ua>

УДК 504.53:502.58:591.5(597)

**ВПЛИВ ВІЙНИ НА СТАН ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ:
ОБҐРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТНИХ МЕТАЛІВ ДЛЯ
МОНІТОРИНГУ**

Гладчук М. М., Горин О. І., Прокоп'як М. З., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: gladchuk@tnpu.edu.ua

Сучасні військові конфлікти супроводжуються не лише соціальними й економічними втратами, але й серйозними змінами у структурі та функціонуванні природних екосистем. Порушується рівновага в біогеохімічних циклах, знижується здатність екосистем до самовідновлення. Особливе занепокоєння викликає вплив бойових дій на водні об'єкти – річки, озера, ґрунтові й поверхневі води, які можуть зазнавати як прямого, так і опосередкованого забруднення. Внаслідок згоряння пального, руйнування техніки, використання боєприпасів та вибухових речовин до водойм потрапляє широкий спектр забруднювальних компонентів, серед яких чільне місце посідають важкі метали та їх сполуки. Забруднення посилюється через вторинну міграцію токсикантів із ґрунтів під час злив, ерозійних процесів або підземного стоку, що створює тривалий і складний для прогнозування екологічний вплив [1, 2].

Проаналізувавши сучасні наукові джерела, можна виокремити низку металів, які найчастіше надходять у водне середовище з військової техніки та озброєння. Серед них – залізо (Fe), алюміній (Al), марганець (Mn), хром (Cr), ртуть (Hg), свинець (Pb), мідь (Cu), цинк (Zn) і кадмій (Cd). Ці елементи

можуть бути компонентами снарядів, гільз, акумуляторів, мастил, вибухових речовин та елементів броні. Їх фізико-хімічні властивості, зокрема здатність до утворення іонів, зв'язування з органічними речовинами, накопичення в донних відкладах, зумовлюють високу мобільність і біологічну активність у водному середовищі [3, 4, 5].

Водночас, з урахуванням частоти їх присутності в бойових системах, характеру міграції у водному середовищі, токсикологічного впливу та екологічної стабільності, найбільш критичними для гідроекологічного моніторингу є саме свинець (Pb), мідь (Cu), цинк (Zn) та кадмій (Cd). Ці метали поєднують високу біодоступність, стійкість у гідросфері та виражену токсичність для водних організмів різного трофічного рівня. Їх присутність викликає дисбаланс у трофічних ланцюгах, зменшення біорізноманіття та накопичення у харчових ланцюгах, що зрештою впливає на здоров'я людини [6, 7].

Кадмій – метал I класу небезпеки, що характеризується низьким допустимим рівнем у питній воді, здатністю до кумуляції та системного ураження живих організмів навіть у слідових концентраціях. Він впливає на функцію нирок, гепатобіліарну систему, а також порушує обмін кальцію, спричиняючи демінералізацію кісток [8]. Свинець, хоч і менш токсичний у гострих дозах, становить надзвичайну загрозу через нейротоксичність і довготривале накопичення [9]. Мідь і цинк, незважаючи на важливу фізіологічну роль, можуть порушувати функції ферментативної системи водної фауни, особливо за умов перевищення фонових рівнів, а також впливати на репродуктивну здатність і морфогенез [10].

Таким чином, моніторинг вмісту Pb, Cu, Zn і Cd у водному середовищі на територіях, що зазнали впливу військових дій, є актуальним напрямом досліджень, спрямованих на оцінку стану довкілля, попередження біологічних ризиків і розробку систем реабілітації постраждалих екосистем. Окремого наукового інтересу набуває вивчення не лише індивідуального, а й комплексного впливу цих металів на біопроцеси у риб, оскільки саме вони є інтегральними біоіндикаторами якості водного середовища. Дані дослідження можуть стати основою для розробки стандартів екологічної безпеки у відновленні водойм.

Перспективними напрямками подальших досліджень є вивчення динаміки накопичення металів у тканинах водних організмів; оцінка змін біохімічних показників; виявлення маркерів оксидативного стресу.

З метою формування повнішої екологічної оцінки доцільно доповнити ці дослідження аналізом впливу металів також на водорості та вищі наземні рослини, що зростають у прибережних зонах або на прилеглих до водойм територіях. Порівняння реакцій різних груп організмів дозволить не лише з'ясувати загальні закономірності дії Pb, Cu, Zn і Cd у водному середовищі, а й сформувати цілісне уявлення про масштабність порушень біотичних процесів та екосистемного балансу. Такий підхід сприятиме побудові інтегральної системи моніторингу та стане основою для науково обґрунтованої стратегії екологічного відновлення уражених територій.

Список літератури

1. Hryhorczuk D., Levy B. S., Prodanchuk M., Kravchuk O., Bubalo N., Hryhorczuk A., Erickson T. B. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2024. Vol. 19, No. 1. DOI: 10.1186/s12995-023-00398-y.
2. Grimes E. S., Kneer M. L., Berkowitz J. F. Military activity and wetland-dependent wildlife: a warfare ecology perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2023. Article no. 4767. DOI: 10.1002/ieam.4767.
3. Fakhri Z., Dobslaw N. D. Assessment of post-war groundwater quality in urban areas of Mosul city / Iraq and surrounding areas for drinking and irrigation purposes by using the Canadian Environment Water Quality Index CCME-WQI and Heavy Metal Pollution Index HPI. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2024. Vol. 21. P. 2461–2481. DOI: 10.30574/wjarr.2024.21.3.1010.
4. Okereafor U., Makhatha M., Mekuto L., Uche-Okereafor N., Sebola T., Mavumengwana V. Toxic metal implications on agricultural soils, plants, animals, aquatic life and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. Article no. 2204. DOI:

- 10.3390/ijerph17072204.
5. Altahaan Z., Dobslaw D. Assessment of the impact of war on concentrations of pollutants and heavy metals and their seasonal variations in water and sediments of the Tigris River in Mosul / Iraq. *Environments*. 2024. Vol. 11. Article no. 10. DOI: 10.3390/environments11010010.
 6. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів: результати аналізу. Київ, 2024. 138 с.
 7. Oros A. Bioaccumulation and trophic transfer of heavy metals in marine fish: Ecological and ecosystem-level impacts. *J. of Xenobiotics*. 2025. Vol. 15 (2). P. 59. DOI: 10.3390/jox15020059.
 8. Nordberg G. F., Jin T., Bernard A., Fierens S., Buchet J. P., Ye T. Cadmium, osteoporosis and calcium metabolism. *Biomaterials*. 2004. Vol. 17, No. 5. P. 493–498. DOI: 10.1023/B:BIOM.0000045731.75696.b9.
 9. World Health Organization. Lead poisoning and health [Електронний ресурс] // *WHO Fact Sheets*. 2024. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
 10. Song Y., Ginjupalli G. K., Baldwin W. S. Exploring the sublethal impacts of copper and zinc on *Daphnia magna*. *BMC Genomics*. 2024. Vol. 25, No. 1. DOI: 10.1186/s12864-024-10701-8.

УДК 581.526.323(285+477-25)

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЯСНОСТІ
ЛІТНЬОГО МІКРОФІТОБЕНТОСУ
ОЗ. ВЕРБНЕ (УКРАЇНА)**

Григор'сва Г. Є., Давидов О. А.

Інститут гідробиології НАН України, Київ, Україна
E-mail: annanika2930@gmail.com

Показники структури та рясності гідробіонтів є важливими характеристиками при визначенні екологічного стану водних об'єктів [3]. Дослідження показників чисельності та біомаси мікрофітобентосу у міжрічному аспекті дозволяє отримати