

ЗМІНИ ЕКОЛОГО-ПОПУЛЯЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ УГРУПОВАНЬ ЛІТОРАЛЬНОГО ЗООПЛАНКТОНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ РІЧКИ ІРПІНЬ ТА ЇЇ ПРИТОК У ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ ПЕРІОД 2024 РОКУ

Берія В.Д., Гандзюра В.П.

Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
пр. Академіка Глушкова, 2, 02000, м. Київ
vitaliyionow@gmail.com, gandzyura@gmail.com

Важко переоцінити значення методів моніторингу при дослідженні змін, котрих зазнають екосистеми внаслідок діяльності людини, зокрема – воєнних дій. Використання методів моніторингу дозволяє отримати ключову інформацію про стан екосистеми та окремих її елементів після дії збурюючого чинника та роботу її компенсаторних механізмів, що значною мірою сприяє точній оцінці наслідків дії антропогенного впливу на обрану екосистему. Отримані таким чином дані також мають велике значення, якщо мова йде про визначення можливостей досліджуваної екосистеми до відновлення свого попереднього стану – до початку дії збурюючого чинника. Враховуючи той факт, що в межах України є значна кількість екосистем, функціональний стан яких було порушено внаслідок воєнних дій – необхідним є застосування оперативних та репрезентативних методів для дослідження змін їх стану та отримання даних про заподіяну докільню шкоду. Подібні дослідження є ключовим елементом у процесі післявоєнного відновлення таких екосистем та збереження їх цінності для держави.

Важливим інструментом при виконанні моніторингу змін функціонального стану тих екосистем, що постраждали внаслідок воєнних дій є біоіндикаційний метод. Перевагами такого методу є можливість отримати дані про особливості роботи регулюючих механізмів у обраній екосистемі на прикладі організмів, що населяють її. Для даного дослідження у якості видів-індикаторів були використані гідробіонти, а саме – представники угруповань літорального зоопланктону, що населяли екосистеми річки Ірпінь та її приток. Зокрема – було відібрано проби зоопланктону з річки Горенка та річки Мошунка у Бучанському районі Київської області. Ключовим фактором для вибору саме цих екосистем було те, що на початку повномасштабних воєнних дій на території Бучанського району Київської області у 2022 році зазначені екосистеми тривалий час знаходились у зоні активних бойових дій та, відповідно, зазнали суттєвого антропогенного навантаження.

При використанні методу біоіндикації важливим є отримання даних про зміни стану обраних видів-індикаторів за різні періоди часу, оскільки при порівнянні змін між обраними періодами можливо отримати розуміння про роботу компенсаторних механізмів у обраній екосистемі. Так, в цьому дослідженні основною метою було визначити подібні зміни серед обраних видів-індикаторів при порівнянні проб, котрі були зібрані у два часові періоди – наприкінці весни та наприкінці літа 2024 року з чотирьох станцій відбору проб в межах річок Ірпінь, Мошунка та Горенка.

При оцінці результатів вдалося визначити, що у межах досліджуваних водних екосистем характерним є врівноваження у видовому різноманітті для видів літорального зоопланктону, що, у свою чергу, вказує на дію регуляторних механізмів у екосистемах річок Ірпінь, Горенка та Мошунка. *Ключові слова:* Київська область, літоральний зоопланктон, біоіндикація, видове різноманіття, сапробність, стійкість екосистем, саморегуляція екосистем.

Changes in ecological and population characteristics among the groups of littoral zooplankton of aquatic ecosystems of the Irpin river and its tributary in the spring-summer period of 2024. Beriia V., Gandzyura V.

It is difficult to overestimate the importance of monitoring methods in the study of changes that ecosystems undergo as a result of human activity, in particular – military actions. The use of monitoring methods allows obtaining key information about the state of the ecosystem and its individual elements after the action of the disturbing factor and the operation of its compensatory mechanisms – which greatly contributes to the accurate assessment of the consequences of anthropogenic influence on the selected ecosystem. The data obtained in this way are also of great importance when it comes to determining the capabilities of the studied ecosystem to restore its previous state – before the start of the disturbing factor. Considering the fact that there is a significant number of ecosystems within Ukraine, the functional state of which has been disrupted as a result of military actions, it is necessary to use operational and representative methods to study changes in their state and obtain data on the damage caused to the environment. Such research is a key element in the process of post-war restoration of such ecosystems and preservation of their value for the state.

An important tool for monitoring changes in the functional state of ecosystems affected by military actions is the bioindicator method. The advantages of this method are the possibility to obtain data on the peculiarities of the work of regulatory mechanisms in the selected ecosystem using the example of the organisms that inhabit it. For this study, hydrobionts were used as indicator species, namely, representatives of littoral zooplankton communities that inhabited the ecosystems of the Irpin River and its tributaries. In particular, zooplankton samples were taken from the Gorenka River and the Moschunka River in the Buchansky district of the Kyiv region. The key factor for the selection of these ecosystems was the fact that at the beginning of full-scale military operations on

the territory of Buchansky district of the Kyiv region in 2022, the mentioned ecosystems were in the zone of active hostilities for a long time and, accordingly, experienced a significant load.

When using the bioindication method, it is important to obtain data on changes in the status of selected indicator species for different periods of time, because when comparing changes between selected periods, it is possible to gain an understanding of the operation of compensatory mechanisms in the selected ecosystem. So, in this study, the main goal was to determine similar changes among selected indicator species when comparing samples that were collected in two time periods – at the end of spring and at the end of summer 2024 from four sampling stations within the boundaries of the Irpin, Moshkunka and Gorenka rivers.

When evaluating the results, it was possible to determine that within the studied water ecosystems, a balance in the species diversity of littoral zooplankton species is characteristic, which, in turn, indicates the effect of regulatory mechanisms in the ecosystems of the Irpin, Gorenka, and Moshkunka rivers. *Key words*: Kyiv region, littoral zooplankton, bioindication, species diversity, saprobity, sustainability of ecosystems, self-regulation of ecosystems.

Постановка проблеми. Порушення функціонального стану гідроекосистем через діяльність людини є однією з найсуттєвіших проблем у сфері екології, особливо – для України, значна площа якої наразі знаходиться під дією постійного антропогенного навантаження внаслідок бойових дій [1]. Не дивно, що ті гідроекосистеми, котрі знаходилися у межах зон активних бойових дій, подекуди зазнали колосального антропогенного навантаження, що супроводжувалось порушенням їх функціонального стану та деструктивними змінами у їх структурі. Подібні зміни нерідко призводять до втрати екосистемою не тільки власної функціональної стабільності але й до зменшення її ресурсного значення для держави. Не варто забувати, що обрані для цього дослідження гідроекосистеми окрім антропогенного впливу від, власне, бойових дій також зазнали додаткового навантаження через підлив козаровицької греблі та спричинене цим підтоплення [2, 3].

Актуальність дослідження. Використання методу біоіндикації є необхідним елементом у процесі дослідження наслідків воєнних дій на водні екосистеми та робіт з їх відновлення до попереднього стану. Подібні дослідження дозволяють отримати дані про масштаби та інтенсивність заподіяної екосистемам шкоди та можливість їх відновлення до стабільного стану ґрунтуючись на визначенні ефективності роботи їх компенсаторних механізмів у процесі саморегуляції завдяки даним про зміни у стані обраних індикаторних груп..

Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями. Біоіндикація як метод моніторингу змін функціонального стану тих гідроекосистем, що зазнали антропогенного навантаження внаслідок воєнних дій є одним з важливих аспектів при визначенні рівня заподіяної шкоди, оскільки сприяє виявленню тих екосистем, функціональний стан яких зазнав найбільших змін і знаходиться на межі безповоротних перетворень, що можуть призвести до втрати їх екологічної та ресурсної цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наслідки воєнних дій для гідроекосистем Бучанського району являються однією з важливих тем обговорення серед науковців України та їх міжнародних колег. На початку весни 2023 року була опублікована стаття за авторства науковців з США, України, Німеччини та Бельгії про оцінку наслідків

воєнних дій для гідроекосистем України та пов'язаної з ними інфраструктури на початку повномасштабних воєнних дій [4]. Вартий уваги той факт, що автори цього дослідження вже займалися визначенням наслідків антропогенного навантаження спричиненого воєнними діями на функціональний стан екосистем річок Ірпін, Мочунка та Горенка у минулому [5]. Також серед українських вчених відбулося обговорення плану по відновленню зазначених гідроекосистем. [6]. Важливим також є те, що співробітникам Національної Академії Наук України вдалося створити прогноз наслідків та особливостей підтоплення, що були викликані у результаті пошкодження водної інфраструктури річки Ірпін [7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Особливої уваги заслуговує концепція про здоров'я екосистеми, так як саме завдяки її положенням проводиться комплексна оцінка шкоди, що була заподіяна досліджуваним екосистемам. Саме завдяки розумінню принципів дії компенсаторних механізмів при регуляції екосистемою свого функціонального стану стає можливим визначити ті екосистеми, котрі зазнали настільки потужного збурюючого впливу, що їх потенціал для відновлення до свого попереднього стану є вичерпаним. Такі екосистеми, нерідко, знаходяться у критичному стані та потребують негайних заходів по їх відновленню до врівноваженого стану, оскільки внутрішні компенсаторні механізми таких екосистем вже не в змозі виконати свою функцію по стабілізації функціонального стану системи.

Новизна. Це дослідження на практиці використовує положення концепції здоров'я екосистем при визначенні закономірностей змін стану популяційно-видових характеристик індикаторних груп літорального зоопланктону у тих гідроекосистемах, котрі тривалий час знаходились поза дією стресуючого чинника.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження, що направлені на визначення наслідків воєнних дій для гідроекосистем шляхом моніторингу їх стану на прикладі окремих індикаторних елементів дозволяють як практично використати наявні теоретичні напрацювання так і вдосконалити їх на реальному прикладі. Беручи до уваги той факт, що на території України є значна площа територій,

котрі постраждали внаслідок бойових дій найбільш раціональним рішенням буде зосередитися на тих методах екологічної оцінки, котрі дозволять швидко та точно визначати стан уражених антропогенним навантаженням екосистем та знаходити серед них ті, чий стан знаходиться на критичному рівні.

Викладення основного матеріалу. Кожна з двох серій відбору проб представників літорального зоопланктону включала проведення чотирьох відборів проб з інтервалом у три години для всіх чотирьох станцій відбору проб. Причиною вибору такого інтервалу є потреба у врахуванні добової динаміки просторового розміщення серед досліджуваних угруповань літорального зоопланктону. У кожній з двох серій проб загалом було зібрано 16 проб з чотирьох станцій відбору проб зоопланктону (рис. 1).



Рис. 1. Просторове розміщення станцій відбору проб зоопланктону

Станція відбору проб № 1. Рекреаційна водойма біля села Мощун. Для даної станції прозорість води складала приблизно 25 см. Для товщини шару складеного мулисто-піщаними відкладами характерним був показник у 35–45 см. Для даної станції характерним є незарослий біотоп, так як водна рослинність мала низьку щільність просторового розміщення.

Станція відбору проб № 2. Річка Мощунка. Для даної станції прозорість води складала приблизно до 10 см. Для товщини шару складеного мулисто-піщаними відкладами характерним був показник у 55–65 см. Для даної станції характерним є зарослий біотоп, так як водна рослинність мала високу щільність просторового розміщення.

Станція відбору проб № 3. Річка Горенка. Для даної станції прозорість води складала приблизно 7 см. Для товщини шару складеного мулисто-піщаними відкладами характерним був показник у 35–50 см. Для даної станції характерним є незарослий біотоп, так як водна рослинність мала низьку щільність просторового розміщення.

Станція відбору проб № 4. Річка Ірпінь. Для даної станції прозорість води характеризувалась дуже низькими показниками – до 5 см. Для товщини шару складеного мулисто-піщаними відкладами характерним був показник у 45–60 см. Для даної

станції характерним є зарослий біотоп, так як водна рослинність мала високу щільність просторового розміщення.

Основним приладдям для відбору матеріалу проб літорального зоопланктону була конічна сітка Нансена [8]. Після консервації проби були направлені до лабораторії, де відбувалось їх дослідження з використанням камери Богорова та бінокюляру МБС-9 під час якого було визначено їх кількісні характеристики з використанням обчислювального методу Гензена. В результаті лабораторного опрацювання проб було отримано дані по кількісному розподілу представників наступних груп літорального зоопланктону: коловерток, кладоцер, копепод [9].

Сапробність дослідних гідроекосистем визначено згідно індексу Пантле-Букка.

Станція відбору проб № 1. Рекреаційна водойма біля села Мощун. У весняний період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах незарослого біотопу був таким: кладоцери представлені двома видами з п'яти загальних (40%). Копеподи та коловертки представлені по одному виду (по 20%). Сапробність (S) у весняний період для даної станції була на рівні 2, що відповідає помірно забрудненим екосистемам. В літній період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах незарослого біотопу був таким: кладоцери були представлені двома видами з семи загальних (28,5%), в той час як копепода та коловертки були представлені по одному виду (14,2%). Сапробність (S) в літній період для даної станції була на рівні 1,9 яка притаманна для відносно чистих гідроекосистем.

Станція відбору проб № 2. Річка Мощунка. У весняний період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах зарослого біотопу був таким: кладоцери та копепода представлені по одному виду з шести загальних (по 16,5%). Коловертки представлені двома видами (33%). Сапробність (S) у весняний період для даної станції була на рівні 2,3 що відповідає помірно забрудненим екосистемам. В літній період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах зарослого біотопу був таким: кладоцери були представлені двома видами з семи загальних (28,5%), в той час як копепода та коловертки були представлені по одному виду (14,2%). Сапробність (S) в літній період для даної станції була на рівні 2,2 яка притаманна для помірно забруднених екосистем.

Станція відбору проб № 3. Річка Горенка. У весняний період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах незарослого біотопу був таким: коловертки були представлені трьома видами з 13 загальних (23%). Кладоцери були представлені п'ятьма видами (38,4%). Копеподи були представлені двома видами (15,3%). Сапробність (S) у весняний період для даної станції була на рівні 1,9 що відповідає відносно чистим екосистемам. В літній період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах незарос-

лого біотопу був таким: коловертки були представлені трьома видами з 14 загальних (21,4%). Копеподи були представлені двома видами (14,2%). Кладоцери були представлені п'ятьма видами (35,7%). Сапробність (S) в літній період для даної станції була на рівні 1,8 яка притаманна для відносно чистих гідроекосистем.

Станція відбору проб № 4. Річка Ірпінь. У весняний період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах зарослого біотопу був таким: кладоцери були представлені двома видами з восьми загальних (25%). Копеподи були представлені чотирма видами (50%) Коловертки представлені одним видом (12,5%). Сапробність (S) у весняний період для даної станції була на рівні 2,6 що відповідає забрудненим екосистемам. В літній період 2024 року розподіл серед груп літорального зоопланктону в умовах зарослого біотопу був таким: кладоцери були представлені двома з дев'яти загальних (22%). Копеподи були представлені чотирма видами (44%) Коловертки представлені одним видом (11%). Сапробність (S) в літній період для даної станції була на рівні 2,5 яка притаманна для помірно забруднених екосистем.

Головні висновки. При порівнянні даних по змінам видового співвідношення серед представників літорального зоопланктону досліджуваних гідроекосистем визначено, що завдяки функціонуванню механізмів саморегуляції цих екосистем співвідношення представників індикаторних груп стає більш рівномірним з часом. Тим не менш, саморегуляція гідроекосистеми це складний та повільний процес, що вимагає продовження моніторингу для визначення всіх його закономірностей.

Перспективи використання результатів дослідження. Опрацьовані результати є одним з низки ключових елементів дослідження, коли мова йде про комплексну екологічну оцінку гідроекосистем у післявоєнний період та визначення рівня завданої їм шкоди внаслідок бойових дій. Тим не менш, для збільшення репрезентативності даних варто врахувати положення концепції здоров'я екосистеми, так як при проектуванні відновлювальних заходів на деокупованих територіях варто мати чітке розуміння принципів дії регуляторних механізмів місцевих екосистем.

Література

1. Хільчевський, В. К., Гребінь, В. В. *Деякі аспекти щодо стану територій районів річкових басейнів та моніторингу вод під час вторгнення Росії в Україну*. Київ, 2022. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 3(65), 2022. С. 6–14. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.1>.
2. Гарасим, А., Кельм, Н. *Підриг греблі річки Ірпінь. Як росіяни зупинила вода*, 2022. URL: <https://texty.org.ua/articles/106945/pidryv-hrebli-richky-irpin-yak-rosiyan-zupynyla-voda/>
3. Mundy, V. *Ukraine's 'hero river' helped save Kyiv. But what now for its newly restored wetlands?. The Guardian*. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2022/may/11/ukraine-hero-irpin-river-helped-save-kyiv-but-what-now-for-its-newly-restored-wetlands-aoe>
4. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A. *et al.* Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nat Sustain* 6, 578–586, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
5. Берія, В. Д., Гандзюра, В. П. *Стан угруповань літорального зоопланктону різномісних водойм Бучанського району*. Міжнародна наукова конференція за участю молодих науковців "Регіональні проблеми охорони довкілля та збалансованого природокористування». Одеський державний екологічний університет, 2022. С. 24–26.
6. Василюк О., Симонов Є. *План відновлення України у дзеркалі розливу річки Ірпінь. Журнал про екологічні наслідки війни*. Ukraine War Environmental Consequences Work Group, 5, 2022. С. 3–20.
7. Національна академія наук України. *Науковці Академії спрогнозували характер підтоплення території Київської області, спричиненого російським вторгненням*. Київ, 2022. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=9011>
8. Трохимець, В. М., & Алексієнко, В. Р. *Методичні рекомендації до практикуму з курсу "Гідробіологія"*. Київ, 2010. С. 5–19. Київський університет.
9. Hensen, V. *Methodik der untersuchungen*. In *Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung*. Lipsius and Tischer. Kiel, 1895.