

УДК [556.55:574.5:341.31] (477.41)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.5-56.14>

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ І РОЗМІНУВАННЯ НА ОЗЕРНУ ЕКОСИСТЕМУ ОКОЛИЦЬ МІСТА БОРОДЯНКА (КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ)

Коваленко Ю.О.

Інститут гідробіології Національної академії наук України
пр. Володимира Івасюка, 12, 04210, м. Київ
kovalenkoyuliia888@gmail.com

В роботі представлені наслідки військових дій і розмінування на озерну екосистему в околицях міста Бородянка (Бучанський район, Київської області). Після відходу російських військ у 2022 році на безім'яному озері були проведені масштабні заходи з розмінування та очищення, що включали видалення донних відкладів, прорідження прибережної рослинності, зокрема очерету та рогозу, а також значне зниження рівня антропогенного впливу на екосистему. Ці дії дозволили озерній екосистемі поступово відновлюватися. Одним із важливих показників цього процесу стало збільшення чисельності видів птахів з 17 до 25. Особливий вплив на відновлення екосистеми мало зникнення інвазійного виду карася китайського, який раніше домінував у водоймі, витісняючи аборигенні види риб. Його відсутність сприяла збільшенню угруповань аборигенних видів риб, таких як краснопірка звичайна, верховодка звичайна, а також окунь річковий. Ці зміни в іхтіофауні створили більш сприятливі умови для появи рибоїдних птахів, таких як чепура велика, чапля сіра, бугайчик, пірникоза велика та інші водно-болотні види, що раніше не ресструвались на цьому озері.

Аналіз даних показав, що після проведення цих заходів індекс Шеннона для водно-болотної орнітофауни зріс з 2,57 до 2,84, що свідчить про певне підвищення видового різноманіття. Хоча тест Вілкоксона не виявив статистично значущих змін у чисельності риб та птахів до і після військових дій (рівень значущості $p = 0,093$), ці показники можуть вказувати на початкові позитивні зміни у екосистемі. Незначні відмінності у структурі угруповань риб та птахів можуть вказувати на формування озерного та прибережного біоценозу, а також трофічних зв'язків.

Отримані результати підкреслюють необхідність продовження довгострокового моніторингу для кращого розуміння наслідків військових дій на водні екосистеми та біорізноманіття на деокупованих територіях. Цей досвід може стати корисним для оцінки впливу опосередкованих наслідків військових дій на подібні екосистеми, які зазнали руйнувань через бойові дії. *Ключові слова:* птахи, видове багатство, чисельність риб, рекреаційне навантаження, військові дії, середовище існування, екологічний моніторинг.

Impact of military actions and demining on the lake ecosystem in the vicinity of Borodyanka city (Kyiv region). Kovalenko Yu.

The paper presents the consequences of military actions and demining on the lake ecosystem near the city of Borodyanka (Bucha district, Kyiv region). After the withdrawal of Russian forces in 2022, large-scale demining and cleanup activities were carried out on the unnamed lake, including the removal of bottom sediments, thinning of shoreline vegetation, particularly reeds and cattails, and a significant reduction in anthropogenic pressure on the ecosystem. These actions allowed the gradual recovery of the lake ecosystem. One of the key indicators of this process was the increase in bird species from 17 to 25. A significant factor in the ecosystem's recovery was the disappearance of the invasive Chinese crucian carp, which had previously dominated the lake, displacing native fish species. Its absence contributed to the growth of native fish populations, such as common rudd, bleak, and European perch. These changes in the fish fauna created more favorable conditions for the appearance of fish-eating birds, such as the great egret, grey heron, little bittern, great crested grebe, and other wetland species that had not been previously recorded at this lake.

Data analysis showed that after these measures were implemented, the Shannon index for wetland birds increased from 2.57 to 2.84, indicating a slight increase in species diversity. Although the Wilcoxon test did not reveal statistically significant changes in the numbers of fish and birds before and after the military actions ($p = 0.093$), these indicators suggest early positive changes in the ecosystem. The slight differences in the structure of fish and bird communities may point to the formation lake and coastal biocenosis and trophic connections.

The results highlight the need for continued long-term monitoring to better understand the impact of military actions on aquatic ecosystems and biodiversity in de-occupied areas. This experience could be useful for assessing the indirect effects of military actions on similar ecosystems that have suffered damage from hostilities. *Key words:* birds, species richness, fish abundance, recreational pressure, military actions, habitat, ecological monitoring.

Постановка проблеми. Військові конфлікти мають значний вплив на природні екосистеми, особливо в регіонах із високим біорізноманіттям. За дослідженнями, близько 80% таких конфліктів відбувалися в «гарячих точках» біорізноманіття, що робить ці території вразливими до антропогенних чинників [2]. Російське вторгнення в Україну у 2022 році спричинило масштабні руйнування

природних середовищ, зокрема лісів, луків і водних об'єктів, що призвело до деградації екосистем, втрати біорізноманіття та змін у гідрологічному режимі [1].

Безіменне озеро біля Бородянки, розташоване в Поліській зоні, п'ять тижнів перебувало на лінії фронту, що призвело до змін гідрологічних характеристик, пошкодження структури макрофітів та

замулення водойми. Після деокупації були проведені заходи з розмінування та очищення, що сприяло поступовому відновленню екосистеми. Припинення підпалів торф'яників і зниження рекреаційного навантаження позитивно вплинули на гідроекологічний стан озера.

Актуальність дослідження визначається необхідністю оцінки впливу військових дій на природні екосистеми. Воєнні дії часто призводять до втрати біорізноманіття та зміни структури екосистем [2, 3, 5, 7]. Трансформація біоценозів спостерігалася в інших районах дослідження Київської області, де військові дії вплинули на гідроморфологічні характеристики водойм басейну річки Ірпінь, через руйнування природних екосистем [4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження є актуальним через масштабні руйнування природних екосистем, спричинені бойовими діями. Аналіз наслідків військових дій на біорізноманіття необхідний для розуміння екологічних втрат і розробки подальших заходів із відновлення природних угруповань. Це дослідження також дає можливість оцінити екосистемні зміни, що відбуваються після відновлення антропогенного впливу на декупованих територіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попередні дослідження підтверджують значний вплив антропогенних факторів на біорізноманіття [6] в умовах війни. Однак наслідки військових дій для водних екосистем залишаються недостатньо вивченими через складність доступу до постраждалих територій, зокрема водних об'єктів які можуть приховувати вибухонебезпечні предмети [5].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на попередні дослідження наслідків військових дій для довкілля, недостатньо вивченими залишаються зміни у водно-болотних угрупованнях, зокрема у трофічних

взаємодіях між іхтіофауною та орнітофауною. Це дослідження спрямоване на вивчення цих невирішених питань у контексті впливу бойових дій та розмінування на озерну екосистему.

Новизна. Вперше проведено комплексний аналіз змін у видовому складі іхтіофауни та орнітофауни поліського озера на декупованій території. Результати показують зміну в структурі видів після військових дій та відновлення водойм.

Район досліджень. Дослідження проводилося на безіменному озері в околицях міста Бородянка, яке під час війни п'ять тижнів перебувало під впливом бойових дій. Після деокупації проведено розмінування, очищення донних відкладів та прорідження рослинності (рис. 1).

До війни озеро зазнавало антропогенного впливу, зокрема від щорічних підпалів торф'яних покладів, на тушіння яких пожежники використовували воду з озера – погіршувало водний баланс. Після деокупації цієї території проведені заходи з розмінування, що супроводжувалося відновленням озера та припинились підпали торф'яників.

Це сприяли підвищенню рівня води й поступовому відновленню екосистеми (рис. 2).

Наразі на озері наявно два основних типи середовищ існування: відкриті ділянки води та очеретяні плавні. Відкриті водні ділянки (рис. 3 А) забезпечують сприятливі умови для рибеїдних та водоплавних птахів, які використовують ці зони для живлення. Очеретяні плавні (рис. 3 Б) з густими заростями – слугують середовищем для гніздування та прихистку очеретянок, а також лісових птахів таких як шпак та синиця, а також є кормовим майданчиком для чапель, адже в заростях скупчуються безхребетні та молодь риб.

Метеріали та методи досліджень. Для дослідження іхтіофауни озера використовували іхтіологічні сачки з розміром вічка 5-10 мм, що дозволяло виловлювати риб різного розміру на глибинах



Рис. 1. А – Карта Deep State, що показує окуповані території України станом на 6.4.2022 з позначенням озера; Б – карта тимчасово деокупованої території на північно-західному напрямку Київської області з позначенням місця дослідження



2020 рік



2011 рік

Рис. 2. Супутникові знімки до початку військової агресії РФ. Фотографія 2011 року використовується для умовної ілюстрації сучасного стану озера та процесів його відновлення. Актуальні супутникові зображення у відкритих джерелах наразі відсутні



А



Б

Рис. 3. Різні типи середовищ існування водойми: А – відкриті ділянки та Б – очеретяні плавні як середовища існування водно-болотних птахів

0,5–1,5 м. Додаткові дані про видовий склад отримували від місцевих рибалок. Показники чисельності риб оцінювалися в кількості особин на 10 м², а для аналізу вікової структури використовували морфометричні показники та визначення віку за лусками. Номенклатурні назви наведені згідно іхтіологічного сайту Fish Base. Риби після ідентифікації повертали в їх природне середовище.

Для вивчення орнітофауни застосовували маршрутно-точковий метод із використанням оптичних приладів. Спостереження проводилися з червня по вересень 2024 року. Номенклатурні назви наведені за (Фесенко, Бокотей 2002).

Отримані дані аналізувалися статистичними методами. Індекс Шеннона та тест Вілкоксона використовувалися для оцінки змін чисельності риб і птахів до і після військових дій.

Викладення основного матеріалу. Опосередковані наслідки війни позначилися на екологічних параметрах озера, зокрема на температуру води та стан прибережної рослинності (табл. 1). Температура води після війни знизилася на 1,3 °С, що може бути наслідком збільшення водності у водоймі. Прозорість води залишилася стабільною, що вказує на відсутність значного забруднення під час війни. Проте проективне покриття макрофітами значно змінилося: до війни відзначалося значне заростання, тоді як після війни проведеного розмінування було видалено значний відсоток асоціацій занурених водних рослин, а також проріджено щільність гелофітів, що, ймовірно, позитивно вплинуло на екосистему.

Ці зміни також позначилися на умовах існування водних організмів, зокрема риб, для яких рослинність є важливим елементом середовища

Таблиця 1

Екологічних параметрів озера до та після війни

Параметр	До війни	Після війни
Температура води	24,0-27,3 °С	23,0-26,0 °С (Зниження на 1,3 °С)
Прозорість води	35-40 см	35-40 см (незмінна)
Покриття макрофітів	Значне заростання (кушир занурений, рдесник пронизолистий, водопериця кільчаста)	Видалення надмірних заростей, прорідження гелофітів

Таблиця 2

Видовий склад іхтіофауни та частка видів риб в уловах до і після окупації (2019-2024 рр.)

Видові назви риб	До окупації (2019-2021 рр.)	Після окупації (2024 р.)	
<i>Carassius auratus</i>	Карась китайський	19	0
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Краснопірка звичайна	16	47,1
<i>Abramis brama</i>	Лящ	3	5,6
<i>Esox lucius</i>	Щука	3	3
<i>Perca fluviatilis</i>	Окунь звичайний	8	22,3
<i>Alburnus alburnus</i>	Верховодка звичайна	24	16,7
<i>Leucaspis delineatus</i>	Верховка	27	6
Видове багатство		7	6

існування. Як наслідок, військові дії суттєво позначилися на видовому багатстві та загальному біорізноманітті озера, зокрема. Після окупації спостерігалось скорочення видового складу риб із 7 до 6 видів, а розрахунок індексу Шеннона показав зниження різноманіття іхтіофауни з 2.48 до 1.76. Це свідчить про скорочення кількості видів та ймовірне домінування кількох окремих видів після військових дій.

Зникнення інвазійного карася китайського (*Carassius auratus*), який домінував до війни, сприяло зростанню чисельності аборигенних видів, таких як

краснопірка звичайна (*Scardinius erythrophthalmus*) та окунь звичайний (*Perca fluviatilis*) (табл. 2). Це забезпечило додаткові харчові ресурси для птахів-іхтіофагів, сприяючи їхньому поверненню до озера та зростанню їх чисельності. Хоча тест Вілкоксона не виявив статистично значущих змін у загальній чисельності риб до і після військових дій (p -value = 0.9375 та 1.0), структурні зміни у складі видів вказують на зміни в екосистемі озера.

Частка цьогорічок зросла на 31,0% (рис. 4), що свідчить про сприятливі умови для молоді особин після зникнення карася, який раніше створював конкуренцію за

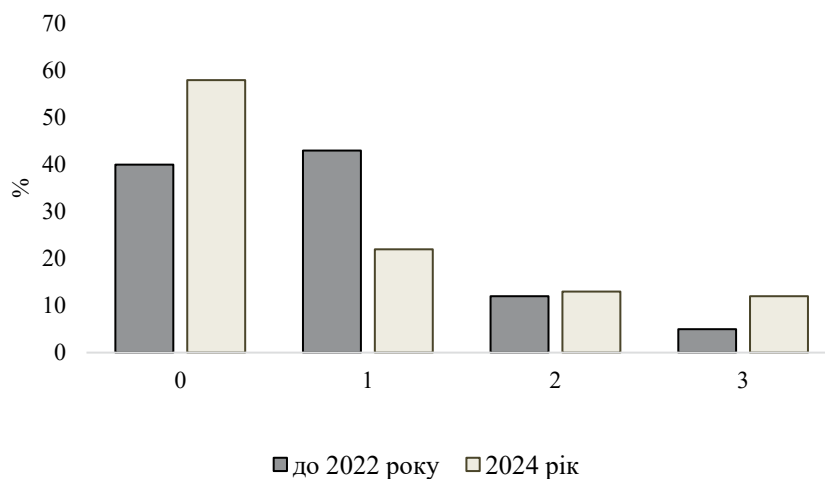


Рис. 4. Порівняння вікової структури рибного населення озера до 2022 року та 2024 року

ресурс різним видам, що займають схожі екологічні ніші, зокрема молодь окуня, краснопірка, я. Водночас, частка однорічно зменшилася на 48,8% через природний процес заміни вікових груп. Крім цього, збільшення частки трирічних ри на 58,3% вказує на успішн виживання та зростання старших особин іхтіоценозу після зменшення вилову.

Позитивні зміни у структурі іхтіофауни озера, завдяки збільшенню чисельності аборигенних видів, створили сприятливі умови для водно-болотної орнітофауни, зокрема рибоїдних птахів. Посилення харчової бази стало важливим фактором для повернення цих груп птахів, що дозволяє оцінити взаємозв'язок між рибним населенням та птахами.

У 2019-2021 роках на озері стабільно реєструвалось 15 видів птахів. Після деокупації їх кількість

збільшилась до 19, передусім за рахунок появи водно-болотних видів: лелека білий (*Ciconia ciconia*), чепура велика (*Ardea alba*), чапля сіра (*Ardea cinerea*), крячок річковий (*Sterna hirundo*), пірникоза велика (*Podiceps cristatus*), курочка водяна (*Gallinula chloropus*), а також болотно-лучний вид сорокопуд сірий (*Lanius excubitor*) (табл. 3).

Кількісні спостереження свідчать про те, що чисельність птахів на озері збільшилася на 23%. Зменшення антропогенного впливу після військових дій, що сприяло появі водно-болотних птахів та створили більш сприятливі умови для гніздування й міграції.

Індекс Шеннона для водно-болотних птахів до війни був 2.57, а після деокупації та розчищення озера збільшився до 2.84. Попри появу окремих

Таблиця 3

Зміни у видовому складі та чисельності птахів досліджуваного озера до та після окупації та розмінування (2019-2024 рр.)

Видові назви птахів		БК (Рез. 6)	До окупації (2019-2021 рр.)	Після окупації (2024 р.)
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Очеретянка велика	–	5 ♂	7 ♂
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Очеретянка ставкова	–	3 ♂	4 ♂
<i>Lanius collurio</i>	Сорокопуд терновий	✓	5	8
* <i>Lanius excubitor</i>	*Сорокопуд сірий	✓	–	1
<i>Pica pica</i>	Сорока звичайна	–	2-5	1
<i>Upupa epops</i>	Одуд	✓	3	1
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Горихвістка звичайна	–	5	5
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Горихвістка чорна	–	3	4
<i>Passer montanus</i>	Горобець польовий	–	✓	✓
<i>Hirundo rustica</i>	Ластівка сільська	–	✓	✓
<i>Delichon urbicum</i>	Ластівка міська	–	✓	✓
<i>Corvus corax</i>	Крук	–	1	1
<i>Accipiter nisus</i>	Яструб малий	–	1	1
<i>Buteo buteo</i>	Канюк звичайний	–	1	1
* <i>Circus pygargus</i>	*Лунь лучний	✓	2	–
<i>Circus aeruginosus</i>	Лунь очеретяний	✓	1	1
<i>Turdus merula</i>	Дрізд чорний	–	✓	✓
<i>Turdus torquatus</i>	Дрізд білолобий	–	✓	✓
<i>Ciconia ciconia</i>	Лелека білий	–	–	1
<i>Ixobrychus minutus</i>	Бугайчик	–	–	2
<i>Ardea alba</i>	Чапля біла	–	–	1
<i>Gallinula chloropus</i>	Курочка водяна	–	–	2
<i>Anas platyrhynchos</i>	Крижень звичайний	–	–	3
<i>Podiceps cristatus</i>	Пірникоза велика	–	–	1
<i>Sterna hirundo</i>	Крячок річковий	✓	–	1
<i>Motacilla alba</i>	Плиска біла	–	–	2
<i>Sturnus vulgaris</i>	Шпак звичайний	–	–	≈1000
Всього видів		6	17	26

видів, різниця між орнітофауною «до» та «після» війни підвищення різноманіття після окупації незначне. Тест Вілкоксона також показав, що різниця між чисельністю є близькою до значущості (статистичне значення = 36, $p = 0,093$), що може вказувати на певні тенденції до змін у видовому складі, але вони не є статистично значущими на рівні 0,05.

Відсутність луна лучного (*Circus pygargus*) може бути наслідком руйнування його місць гніздування та зміни гідрологічного режиму озера. Натомість поява червонокнижного сорокопуда сірого (*Lanius excubitor*) свідчить про можливі екологічні зміни в досліджуваній екосистемі.

Отже, в перший рік дослідження спостерігаються деякі зміни в структурі іхтіофауни та орнітофауни, що вказує на зміну структури харчового ланцюга. Хоча отримані результати свідчать про те, що після деокупації спостерігалось незначне збільшення видового різноманіття птахів (на що вказує індекс Шеннона), загальні зміни у чисельності видів не є статистично значущими. Це може вказувати на тимчасову стабільність або навіть відновлення певних видів у постконфліктному середовищі. Однак, тест Вілкоксона показує, що різниця в чисельності видів між періодами до і після деокупації та розмінування знаходиться на межі статистичної значущості, що означає потенційні зміни в орнітофауні, які потребують подальших досліджень.

Головні висновки. Виявлено, що внаслідок проведення робіт з розмінування, що включало у себе розчищення донних відкладів, розрідження угруповань очерету та рогоза на фоні зменшення рекреаційного навантаження на озеро – видове багатство,

передусім птахів довкола озера збільшилося з 17 до 25 видів. Індекс Шеннона водно-болотних птахів показав незначне підвищення видового різноманіття (з 2.57 до 2.84), а відмінність, виявлена тестом Вілкоксона (статистичне значення = 36, $p = 0,093$), вказує на можливі тенденції до позитивних змін у орнітофауні.

Зникнення інвазійного виду карася китайського (*Carassius auratus*) з екосистеми, а також суттєве зниження впливу аматорського рибальства, шумового навантаження та відновлення водності призвели до збільшення чисельності риб, що створило сприятливі умови для птахів-іхтіофагів та інших видів птахів.

Попри виявлені зміни, проведений статистичний тест Вілкоксона не виявив статистично значущих змін у чисельності риб та птахів до і після військових дій (p -value = 0.9375 та 0.093, близький до значущого 1.0 та 0.05, відповідно). Це може вказувати на первинні зміни, які ще не достатньо виражені. З огляду на це подальші довгострокові спостереження дозволять більш точно оцінити наслідки розмінування та опосередкованого впливу війни на озерний та прибережний біоценози та біорізноманіття водно-болотних птахів.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть використовуватися для моніторингу екологічних змін на декупованих територіях та розробки рекомендацій щодо відновлення озерних екосистем після війни. Дані сприятимуть екологічно збалансованим заходам, зокрема контролю інвазійних видів і підтримці або-ригенних риб і птахів.

Література

1. Антоненко В., Хуткий В. Впли російської військової агресії на природні туристичні ресурси України. *Вісник Київського національного університету культури мистецтв. Серія: Туризм*, 2022, 5(1), 64-82. DOI: 10.31866/2616-7603.5.1.2022.262003
2. Hanson T. War and biodiversity conservation: the role of warfare ecology. *Warfare ecology: a new synthesis for peace and security*. Springer Netherlands, 2011. P. 125-132. DOI: 10.1007/978-94-007-1214-0_9
3. Hilario-Husain B.A., Tanalgo K.C., Guerrero S.J.C., Garcia F.G.N., Leros T.E., Garcia M.E.Z., & Agduma A.R. Caught in the crossfire: biodiversity conservation paradox of sociopolitical conflict. *Biodiversity*. 2024, Vol. 3(1), P. 10. DOI: 10.1038/s44185-024-00044-8
4. Ivanova N.O., Dubniak S.S., Zorina-Sakharova K.Y., Lietytska O.M., Nezbrtytska I.M., Pohorielova M.S., & Afanasyev S.O. 2024. Hydrological and Morphological Characteristics of the Water Bodies of the Irpin River Basin in View of Hostilities' Impact. *Hydrobiological Journal*, Vol. 60(6), p. 73-87. DOI: 10.1615/HydrobJ.v60.i6.60
5. Lawrence M.J., Stemberger H.L., Zolderdo A.J., Struthers D.P., Cooke S.J. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*, 2015, 23(4), 443-460. DOI: 10.1139/er-2015-0039
6. Причепя М.В., Коваленко Ю.О. Рідкісні види птахів водно-болотних та лучних угід окремих районів Київської області. *Поширення раритетного біорізноманіття України*. Київ, Чернівці: Друк Ар, 2024. 472. (Серія: Conservation Biology in Ukraine. Ви. 38. 363-395.
7. Westing A.H. Ecological effects of military defoliation on the forests of South Vietnam. *BioScience*, 1971, 21, 893-898. DOI: 10.2307/1295667
8. Фесенко Г. В., Бокоте А. А. Птах фауна України: польовий визначник. Київ: Українське товариство птахів, 2002. 416.