

УДК 58.018: 574.34+574.474

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-2-7>

Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО

аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Іван ХОМ'ЯК

кандидат біологічних наук, доцент, доцент Житомирський державний університет ім. Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, Україна, 10008

ORCID: 0000-0003-0080-0019

Ганна КІРЕЙЦЕВА

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-1055-1784

Бібліографічний опис статті: Циганенко-Дзюбенко І., Хом'як І., Кірейцева Г. (2023). Моделювання динаміки водних і прибережно-водних рослинних угруповань у пост-мілітарних умовах. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 2, 47–55, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-2-7>

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ВОДНИХ І ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНИХ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ У ПОСТ-МІЛІТАРНИХ УМОВАХ

Активність бойових дій російсько-української війни сягнула небачених раніше масштабів. Вона завдає збитків не лише економіці, життю і здоров'ю людей, а й трансформує довкілля. Вивчення типу цих змін та їхньої інтенсивності є важливою процедурою для визначення екологічних ризиків і розроблення алгоритмів майбутнього відновлення природних екосистем. Під час дослідження долини річки Щербинчик у районі села Моцун нами визначено, що угруповання водних макрофітів належать до 9 асоціацій, об'єднаних у 4 союзи, 3 порядки та 3 класи. Утворені ними оселища є мезо-евтрофними та евтрофними водоймами й узбережжями. У результаті бойових дій на долину річки діють утворені ними хімічні й фізичні чинники – короточасні та пролонговані, прямого та опосередкованого впливу. Короточасними чинниками є термічні та механічні впливи, у тому числі гідроакустичні й вібраційні, під час вибухів боєприпасів. Фізико-хімічні чинники діють протягом більш тривалого часу. Найбільш чутливими до зміни рівня кислотності є асоціації *Lemnetum minoris*, *Lemno-Salvinietum natantis*, *Potametum natantis*, *Numpharo lutei-Nymphaetum albae*, *Trapetum natans*, *Phragmitetum australis*, *Typhetum angustifoliae*. Найменш чутливими будуть асоціації *Glycerietum maximae* та *Iridetum pseudacori*. Опосередковані впливи бойових дій можна розділити на три основні групи: замулення, евтрофікація та накопичення доступного рослинам нітрогену. Зниження величини багаторічного режиму зволоження призводить до поступового переходу до евтрофних боліт і вологих лук. У результаті евтрофікації, у тому числі через накопичення доступного нітрогену, відбувається деградація угруповань водних макрофітів. У прибережній частині поєднання нітрифікації із підвищенням рівня антропогенної трансформації спричиняє формування рудеральних ценозів класу *Videntetea tripartiti*.

Ключові слова: ветланди, теорія екосистем, мілітарні чинники, синфітоіндикація, прогнозування змін екосистем.

Illia TSYHANENKO-DZIUBENKO

PhD Student (Ecology), Assistant Professor at the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Ivan KHOMYAK

PhD (Biological Sciences), Associate Professor at the Department of Ecology and Geography, Zhytomyr Ivan Franko State University, 40 Velyka Berdychivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10008

ORCID: 0000-0003-0080-0019

Hanna KIREITSEVA

PhD (Economical Sciences), Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-1055-1784

To cite this article: Tsyhanenko-Dziubenko I., Khom'iak I., Kireitseva H. (2023). Modeliuvannia dynamiky vodnykh i pryberezhno-vodnykh roslynnykh uhrupovan u post-militarynykh umovakh [Modelling the dynamics of aquatic and coastal plant communities in post-military conditions]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 2, 47–55, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-2-7>

MODELLING THE DYNAMICS OF AQUATIC AND COASTAL PLANT COMMUNITIES IN POST-MILITARY CONDITIONS

The activity of hostilities in the Russian-Ukrainian war has reached an unprecedented scale. It causes damage not only to the economy, people's lives and health, but also transforms the environment. Studying the type of these changes and their intensity is an important procedure for determining ecological risks and developing algorithms for the future restoration of natural ecosystems. During the study of the Shcherbynychy river valley near the village of Moschun, we determined that the groups of aquatic microphytes belong to 9 associations united in 4 unions, 3 orders and 3 classes. The habitats formed by them are meso-eutrophic and eutrophic reservoirs and coasts. As a result of hostilities, chemical and physical factors created by them act on the river valley – short-term and prolonged, direct and indirect. Short-term factors are thermal and mechanical effects, including hydroacoustic and vibration, during ammunition explosions. Physico-chemical factors act for a longer time. The associations Lemnetum minoris, Lemno-Salvinietum natantis, Potametum natantis, Numpharo lutei-Nymphaetum albae, Trapetum natans, Phragmitetum australis, Typhetum angustifoliae are the most sensitive to changes in the level of acidity. The least sensitive will be the Glycerietum maximae and Iridetum pseudacori associations. The indirect effects of hostilities can be divided into three main groups: siltation, eutrophication, and accumulation of plant-available nitrogen. A decrease in the value of the long-term wetting regime leads to a gradual transition to eutrophic swamps and wet meadows. As a result of eutrophication, including due to the accumulation of available nitrogen, aquatic macrophyte communities are degraded. In the coastal part, the combination of nitrification with an increase in the level of anthropogenic transformation causes the formation of ruderal coenoses of the Bidentetea tripartiti class.

Key words: wetlands, ecological systems theory, military factors, synphytoindication, forecasting ecosystem changes.

Вступ. Бойові дії діють на довкілля як складний багатовекторний комплекс чинників. Водночас екосистеми, які знаходяться під їхнім тиском, є складними динамічними системами, які реагують на зовнішні впливи як єдине ціле. Тому для оцінки впливу бойових дій не можна зосереджуватися лише на обмеженому числі окремих чинників, а слід розглядати всі ключові зміни як систему. До того ж треба намагатися змодельовати, який вплив матимуть ці зміни в майбутньому.

Ветленди – досить складний об'єкт для дослідження на рівні екосистеми (Keddy, 2010).

Вони знаходяться на ранніх стадіях автогенної сукцесії, через що їхній розвиток важко передбачуваний і сильно залежний від впливів зовнішніх чинників. Зазвичай угруповання макрофітів водних і прибережно-водних екосистем – монодомінантні та маловидові (Дубина, 2006). Часто формування тієї чи іншої асоціації рослинності регулюється не сталими умовами середовища, а великим числом важкопрогнозованих чинників (Хом'як, 2013). Водночас порівняно невелике число видів крупних автотрофів спрощує структуру ветлендів, знижуючи число дублюючих зв'язків у їхніх трофічних мережах

(Davidson, 2014). Це призводить до надзвичайної вразливості таких екосистем від дії зовнішніх чинників (Arthington, 2012). До цього слід додати горизонтальну структурність ландшафтів, яка утворює територіальні комплекси, де ключову роль відіграють саме водно-болотні угіддя (Паламарчук, Закорчевна, 2001; Smith, et al 2007).

Під час ведення бойових дій на довкілля здійснюється руйнівний тиск великого числа різноманітних чинників – фізичних, хімічних і біотичних (Atiyeh, Gunn, Nayek, 2007). Згідно із положеннями моноцентричної моделі структури екосистем, ключовим її компонентом є автотрофний блок (Дідух, 2005). У ветлендах, заселених вищими судинними рослинами, ключовою частиною екосистем є їхні угруповання.

Метою цього дослідження є моделювання впливів основних мілітарних чинників на ветленди. Для цього було проведено порівняння екологічних спектрів фітоценозів і досліджено зміщення амплітуди показників цих спектрів на екосистемах, що зазнали змін під дією бойових дій.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалами дослідження є геоботанічні описи, зроблені загальноприйнятим маршрутно-експедиційним методом на водоймах у районі населеного пункту Мощун Київської області у 2022 році, а також хімічні аналізи води та донних відкладень річки Щербинчик, зроблені лабораторією ТОВ «Укрхіманаліз». Геоботанічний опис включав у себе характеристики умов середовища та проєктивні покриття вищих судинних рослин за модифікованою шкалою Браун-Бланке (Westhoff, Maarel, 1973). Щоб використати цю шкалу для синфітоіндикаційного аналізу, класичну семибальну шкалу перетворили в п'ятибальну. Проєктивному покриттю вище 75 % присвоювалися 5 балів; від 50 до 75 % – 4 бали; від 25 до 50 % – 3 бали; від 5 до 25 % – 2 бали й менше 5 % – 1 бал. Такі категорії Браун-Бланке, як «1 бал», «+» та «г», у модифікованій шкалі отримали значення «1 бал». Під час польових досліджень у водоймах або в прибережній зоні з ознаками певних синтаксонів рослинних угруповань виділялися візуально гомогенні ділянки. Їхні розміри відповідали площі квадрата 1x1 м, а для прибережного високотрав'я – смуги довжиною 2 метри та шириною, що відповідає візуальній однорідності ділянки, але не перевищує 2 м. Конфігурація меж описаних ділянок могла змінюватися відповідно до їхніх візуальних

контурів, визначеними за домінтами або співвідношенням біоморф.

Координати описів встановлювалися за допомогою GPS-навігатора або мобільного додатку GPSTest. Створені описи збиралися в базу даних за допомогою програми Turboveg for Windows 2.0 (Hennekens, 2009). За допомогою синфітоіндикаційних методів визначалися показники чинників середовища, показник динаміки (ST) та інтегрований показник антропогенної трансформації (HE). Водночас для позначення величини чинників середовища використовувалася уніфікована шкала Дідуха–Плюти (Дідух, Плюта, 1994; Дідух, 2012). Цими чинниками є багаторічний режим зволоження (HD), змінність зволоження (FH), кислотність едафотопу (RC), загальний сольовий режим або трофність (SL), вміст карбонатів (CA) та доступного для рослин нітрогену (NT). Величина антропогенного чинника (HE) описувалася за 18-бальною шкалою Дідуха-Хом'яка (Хом'як та ін. 2020). Синфітоіндикаційний аналіз здійснювався за допомогою пакету програм Simagr 1.12 (Khomiak et al., 2020). Назви видів узгоджувалися із «Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist». (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999 *Визначник*, 1987).

Описи було об'єднано за допомогою програми Turboveg for Windows та експортовані в програму JUICE 7.1.29 у вигляді файлів таблиць XML. Утворені фітоценотичні таблиці збережено у форматі WCT (Table format WCT–JUICE). Потім подібні описи було об'єднано за допомогою кольорового кодування. За допомогою інтегрованої в JUICE програми TWINSPAN описи було згруповано в кластери за ознаками їхньої вірності в синтактичній таблиці. Після виділення діагностичних, константних і домінантних видів утворені фітоценони ідентифікувалися за допомогою «Продромуса рослинності України» (Дубина та ін., 2019).

Результати та їх обговорення. Територія с. Мощун Бучанського району Київської області – це частина Українського Полісся (північної її частини), яка від самого початку повномасштабного вторгнення рф до України зазнала значних змін унаслідок активних бойових дій.

За результатами польових досліджень і подальшої обробки проєктивних покриттів фітоценозами територій, які зазнали впливу військових дій, було виділено 9 фітоценонів,

що потім ідентифікувалися як 9 асоціацій, об'єднаних у 4 союзи, 3 порядки та 3 класи рослинних угруповань. Синтаксономічна схема водної та прибережно-водної рослинності досліджуваної території має такий вигляд:

Lemnetea de Bolós et Masclans 1955:
Lemnetalia minoris de Bolós et Masclans 1955:
Lemnion minoris de Bolós et Masclans 1955:
Lemnetum minoris Soó 1927, Lemno-Salvinietum
natantis Miyawaki et Tüxen 1960;

Potamogetea Klika in Klika et Novak 1941:
Potamogetalia Koch 1926: Nymphaeion albae
Oberd 1957: Numpharo lutei-Nymphaetum albae
Tomasz 1977 Tragetum natantis Kárpáti 1963;
Potamogion Libberd 1931: Potametum natantis
Hild 1959;

Phragmiti-Magnocaricetea Klika in Klika
et Novak 1941: Phragmitetalia Koch 1926:
Phragmition Koch 1926: Phragmitetum australis
Savič 1926, Typhetum angustifoliae Pignatti 1953,
Iridetum pseudocaori Egger 1933, Glycerietum
maximae Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý
et Danihelka in Chytrý 2011.

Згідно із отриманою класифікацією рослинності, на цій території присутні 2 класи водної рослинності – Lemnetea та Potamogetea, та один клас прибережно-водної – Phragmiti-Magnocaricetea. Вологі луки, зокрема поширена тут асоціація Scirpetum sylvatici Ralski 1931 класу Molinio-Arrhenatheretea R.Tx 1937, нами не враховувалися, не зважаючи на те, що інколи вони були розташовані близько від узбережжя. Аналогічна ситуація із вологими рудеральними оселищами із асоціації Bidentetum tripartitae Miljan 1933 класу Bidentetea tripartiti Tx. et al. ex von Rochow 1951.

Присутність таких угруповань у цій місцевості вказує на мезо-евтрофність та евтрофність окремих частин водойм та їхніх узбереж. Водночас рослинність класу Lemnetea є вимогливою щодо умов гідро- та аеродинаміки. Оскільки вона об'єднує в собі вільноплаваючих водних макрофітів, то збурення водних або повітряних потоків легко руйнують суцільність її рослинного покриву.

Ведення бойових дій у районі таких водойм створює комплекс чинників, які умовно можна розділити на хімічні та фізичні, короточасні та пролонговані, прямого та опосередкованого впливу. Короточасними чинниками є насамперед механічні впливи в момент вибухів боєпри-

пасів безпосередньо у водоймах або на їхньому узбережжі. Більш віддалені вибухові хвилі призводять до гідроакустичних збурень, які руйнують покрив угруповань класу Lemnetea. Такі обстріли велися у весняно-зимовий період, коли макрофіти цього класу зимують, опускаючись на дно водойм. Однак у зв'язку із глобальними змінами клімату та підвищенням середніх зимових температур велика частка особин *Lemna minor* L. та *Salvinia natans* (L.) All. залишилися в лютому – березні на поверхні. Це призвело до їхнього переміщення із локалітетів, захищених від помітних течій та вітру. Лише через значне зарегулювання течії річки Щербинчик такі дії не завдали значної шкоди угрупованням цього класу (Хом'як, та ін., 2021). Водночас вибухи в безпосередній близькості від фітоценозів класу Potamogetea повністю їх знищують.

Ще одним короточасним мілітарним чинником середовища є підняття температури в момент вибуху або під час горіння спеціальних боєприпасів (запалювальних та освітлювальних). Температура під час звичайного вибуху локально підвищується на короткий час до 2–4 тисяч градусів за Цельсієм, однак у водному середовищі вона не перевищує 0,9–2 тисяч градусів (Бойко, Бойко, 2006). Завдяки високій теплоємності води та короточасності процесу горіння цей температурний вплив швидко зникає та не має значного поширення. Зона летального для рослинності температурного впливу співпадає із летальною зоною механічного впливу. Більш небезпечною є дія масового застосування запалювальних та освітлювальних боєприпасів. Їхній температурний вплив більш тривалий і супроводжується виділенням великого числа токсичних продуктів горіння (Group, 2002). У сезон масової вегетації вони становлять загрозу для всіх груп рослинності, у зимовий період – виключно прибережно-водній класу Phragmiti-Magnocaricetea. Однак наслідки глобального потепління, які не перевели в режим зимівлі макрофітів класу Lemnetea, спричинили їх масову загибель під час обстрілів боєприпасами такого типу. Температура в зоні враження фосфорного боєприпасу піднімається до 2760°C і триває протягом певного часу, поки не згорить до 85 % запалювальної речовини (Agency..., 2006). Таким чином, долається термомопоглинальна та терморегулююча властивість

водного середовища й рослинність страждає від температурного шоку. Особливо це небезпечно у водоймах із дуже низькою або відсутньою течією, де не відбуватиметься перенос тепла разом із потоком води. Крім температурного впливу, такі боєприпаси спричиняють отруєння навколишнього середовища продуктами горіння та речовинами, які утворюються в результаті їхньої реакції із водою та органікою. Насамперед мова йде про ортофосфорну кислоту та її похідні. Це викликає підвищення кислотності середовища, зв'язування буферних компонентів та осадження багатьох важливих мінеральних речовин (Moore, Reddy, 1994).

Різноманітне хімічне забруднення є основною довготривалою прямою та опосередкованою небезпекою для угруповань водних макрофітів, що знаходяться під дією бойових дій (Maksymenko et al. 2022). У результаті обстрілів акваторії річки Щербинчик у районі населеного пункту Мощун найбільших змін зазнали показники кислотності, загального сольового режиму, вмісту карбонатів і показник природної динаміки. Незначне зростання кислотності та зміни загального сольового режиму разом зі зниженням вмісту карбонатів обумовлені застосуванням як типових, так і фосфорних боєприпасів. З одного боку, утворена ортофосфорна кислота видала частину розчинених у воді карбонатів. Насамперед це відбулося через утворення важкорозчинних ортофосфатів кальцію ($0,0025 \text{ г} / 100 \text{ г}$) та магнію ($3,9 \cdot 10 - 26 \text{ г} / 100 \text{ мл}$). З іншого боку, численні оксиди металів із розірваних боєприпасів, вступаючи в реакцію із карбонатами, осаджували їх. Це призводить до помітного зниження буферної ємності природних водних екосистем. Аналогічна ситуація, але із меншою швидкістю перетворень, спостерігається на лучних ґрунтах у безпосередній близькості від водойм. У результаті цього процесу водойми враженої обстрілом території частково втратили спроможність відновлювати свою кислотність під дією зовнішніх впливів. Оскільки в долині річки в результаті обстрілів було порушено цілісність рослинного покриву, то міграція мінеральних речовин та органічних кислот буде посилена водною ерозією. Водні екосистеми без нормально працюючої буферної системи не здатні цьому протистояти (Uradhuay, Singh, Singh, 2020). Зважаючи на екологічні спектри рослинних угруповань за названими

вище чинниками (табл. 1), частина із них буде знаходитися під загрозою зменшення площі, структурної повноти й навіть повного зникнення. Це відбудеться, якщо кислотність вийде за межі екологічної толерантності цих угруповань. Так, на території Українського Полісся найбільш вразливими за нижньою межею толерантності до рівня кислотності є *Lemnetum minoris* (7,83 бала), *Lemno-Salvinietum natantis* (7,81 бала), *Potametum natantis* (7,43 бала), *Numpharo lutei-Nymphaetum albae* (7,17 бала), *Trapaetum natans* (7,63 бала), *Phragmitetum australis* (7,27 бала), *Typhetum angustifoliae* (7,29 бала). Найменш чутливими будуть асоціації *Glycerietum maximae* (6,58 бала) та *Iridetum pseudacori* (6,69 бала).

Зміни загального сольового режиму будуть знаходитися під дією кількох паралельних процесів. З одного боку, це буде пов'язано із кислотністю через видалення із розчинів карбонатів. З іншого боку, відбувається зв'язування важкими металами катіонів інших солей. Водночас відбуватиметься активізація змиву ґрунтових солей через пошкодження рослинного покриву. Рівень сольового режиму водойм буде залежати від балансу між цими двома процесами. Без створення моделі зміни водної ерозії після пошкодження рослинного покриву під час обстрілу передбачити зміну сольового режиму не можливо (Smith, et al 2007).

Очікується пряме та опосередковане зростання сполук доступного нітрогену (нітратів і солей амонію). Пряма дія пов'язана із продуктами згоряння вибухових речовин, які переважно є нітрогеновмісними (піроксилін, амоніт, тротил, гексоген та інші). Село Мощун і його околиці інтенсивно обстрілювали й численні нітросполуки потрапляли у водойми та ґрунти. Опосередкована дія пов'язана зі знищенням біоти, яка в результаті розкладання насичуватиме середовище нітратами та солями амонію. Також порушення цілісності донних відкладень водойм і гумінових комплексів призведе до повернення нітросполук зі стабільних комплексів у динамічні компоненти довкілля. Зростання рівня доступного нітрогену разом зі збільшенням кількості ортофосфатів призводять до значної евтрофікації водойм і всіх її наслідків.

Знищення біоти буде змішувати показники природної динаміки в бік початкових стадій автогенної сукцесії (Khomiak, et al, 2019). На

цьому етапі саморозвитку екосистем низьке число еконіш, а зв'язки між окремими видами мають недостатню кількість дублікатів. Така екосистема, з одного боку, є менш стійкою, а з другого боку, має менше раритетних компонентів.

Проведений у 2022 році аналіз хімічного середовища та біоти не виявив критичної прямої загрози для рослинності досліджених водойм. За даними хімічного аналізу води та донних відкладень лабораторії ТОВ «Укрхіманаліз», загальний сольовий режим і вміст карбонатів коливається в межах 7 балів за уніфікованою шкалою Дідуха-Плюти, кислотність – від 5 (донні відкладення) до 11 (товща води) балів, а вміст доступного нітрогену – від 2 (товща води) до 7 (донні відкладення) балів. Це досить прийнятні умови середовища для існування виявлених тут угруповань водних макрофітів. Однак у перший вегетативний сезон

після обстрілів ще не проявилися всі їхні опосередковані впливи. Їх умовно можна розділити на три основні групи: замулення через порушення цілісності рослинного покриву долини річки; евтрофікація за рахунок принесених еродованими ґрунтами солей та забруднення продуктами розпаду вибухових речовин; накопичення доступного рослинам нітрогену за рахунок розкладання відмерлих рослин, змиву нітратів та солей амонію в результаті водної ерозії та забруднення продуктами горіння вибухових речовин (рис. 1). Також в окремих частинах водойм і прибережних зонах буде спостерігатися комбінований вплив декількох процесів водночас.

Замулювання і супутнє йому зниження багаторічного режиму зволоження призведе до поступового переходу від водної рослинності класу Potamogetea до Lemnetaea, а потім і до прибережно-водної рослинності Phragmiti-

Таблиця 1

Едафічна та динамічна частина екологічного спектру асоціацій водної та прибережно-водної рослинності Українського Полісся

| Класи рослинності | Асоціації рослинності | Статистичні показники | Синфітоіндикаційні величини чинників середовища та показник динаміки (в балах за уніфікованою шкалою Дідуха–Плюти, шкалою рівня антропогенної трансформації Дідуха–Хом'яка) | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|---|-------|------|------|-------|------|------|------|
| | | | HE | HD | FH | RC | SL | CA | NT | ST |
| Lemnetaea | Lemnetum minoris | середнє | 7,06 | 19,59 | 3,73 | 8,10 | 8,79 | 5,81 | 6,33 | 3,31 |
| | | максимум | 7,55 | 20,40 | 5,44 | 8,50 | 9,17 | 6,17 | 6,81 | 3,87 |
| | | мінімум | 7,54 | 17,31 | 2,80 | 7,83 | 8,13 | 5,50 | 6,00 | 3,01 |
| | Lemno-Salvinietum natantis | середнє | 6,09 | 20,04 | 7,27 | 8,08 | 7,67 | 5,54 | 7,11 | 3,46 |
| | | максимум | 6,88 | 20,50 | 9,00 | 8,50 | 8,19 | 5,88 | 7,67 | 3,77 |
| | | мінімум | 5,33 | 19,63 | 5,75 | 7,81 | 6,92 | 5,08 | 6,58 | 2,67 |
| Potamogetea | Potametum natantis | середнє | 7,35 | 20,43 | 4,93 | 8,72 | 8,22 | 5,78 | 6,52 | 3,83 |
| | | максимум | 7,67 | 21,33 | 6,00 | 9,17 | 8,60 | 6,39 | 7,08 | 4,87 |
| | | мінімум | 6,53 | 18,42 | 4,00 | 7,43 | 6,97 | 4,83 | 5,78 | 2,98 |
| | Numpharo lutei-Nymphaetum albae | середнє | 7,46 | 20,11 | 4,55 | 7,88 | 7,81 | 5,50 | 6,42 | 3,80 |
| | | максимум | 7,93 | 21,17 | 5,90 | 8,50 | 8,94 | 6,25 | 7,13 | 4,40 |
| | | мінімум | 6,98 | 17,70 | 3,44 | 7,17 | 7,25 | 4,43 | 5,58 | 3,30 |
| | Trapaetum natans | середнє | 7,14 | 20,87 | 3,02 | 8,04 | 8,07 | 6,34 | 7,24 | 3,50 |
| | | максимум | 7,39 | 21,19 | 4,43 | 8,56 | 8,56 | 6,71 | 7,88 | 3,65 |
| | | мінімум | 6,75 | 20,14 | 2,31 | 7,63 | 7,81 | 6,00 | 6,67 | 3,38 |
| Phragmiti-Magnocaricetea | Phragmitetum australis | середнє | 6,32 | 15,10 | 6,04 | 8,39 | 8,80 | 5,44 | 6,24 | 4,71 |
| | | максимум | 7,61 | 17,17 | 7,28 | 9,17 | 10,00 | 6,31 | 7,32 | 6,73 |
| | | мінімум | 5,69 | 12,19 | 4,62 | 7,27 | 7,17 | 4,77 | 5,14 | 3,38 |
| | Glycerietum maximae | середнє | 6,78 | 17,12 | 5,85 | 8,09 | 7,87 | 5,39 | 6,96 | 4,80 |
| | | максимум | 7,57 | 19,13 | 7,19 | 9,43 | 8,75 | 6,40 | 7,69 | 7,20 |
| | | мінімум | 5,36 | 15,47 | 4,50 | 6,58 | 6,39 | 4,00 | 5,11 | 3,74 |
| | Typhetum angustifoliae | середнє | 6,63 | 17,88 | 5,23 | 8,08 | 8,15 | 5,09 | 7,27 | 4,56 |
| | | максимум | 7,03 | 19,00 | 6,50 | 8,64 | 8,72 | 5,72 | 8,00 | 5,71 |
| | | мінімум | 6,22 | 16,50 | 4,17 | 7,29 | 7,29 | 4,56 | 6,42 | 3,75 |
| | Iridetum pseudacori | середнє | 6,49 | 16,72 | 5,48 | 7,35 | 7,54 | 5,80 | 6,81 | 4,86 |
| | | максимум | 6,98 | 17,57 | 6,19 | 8,00 | 8,04 | 6,45 | 7,50 | 5,73 |
| | | мінімум | 6,08 | 15,80 | 5,06 | 6,69 | 6,34 | 4,94 | 5,92 | 3,97 |

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

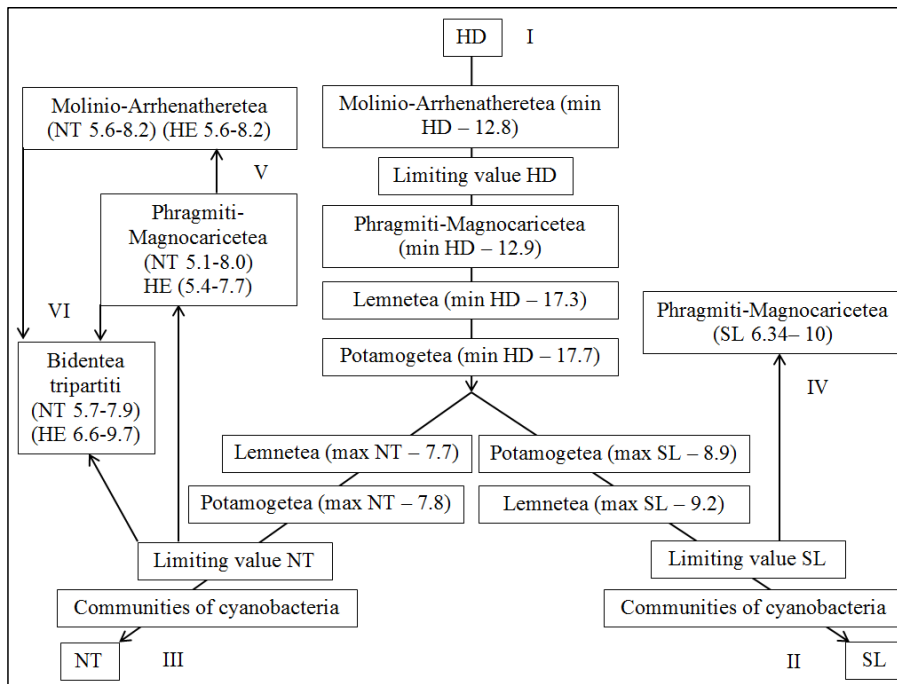


Рис. 1. Прогноз динаміки фітоценозів водойм околиць с. Мощун

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

Примітка:

I – зниження багаторічного режиму зволоження в результаті замулення;

II – зміна загального сольового режиму в результаті евтрофікації;

III – зміна рівня доступного нітрогену;

IV – зміни викликані поєднанням евтрофікації та замулення;

V – зміни викликані поєднанням замулення та накопичення доступного рослинам нітрогену;

VI – зміни викликані поєднанням замулення та накопичення доступного рослинам нітрогену в умовах підвищеного антропогенного тиску.

Magnocaricetea. Якщо процес перетне порогове значення в приблизно 12,9, то тут остаточно сформуються вологі луки.

За прогнозом динаміки рослинності водойм околиць с. Мощун Бучанського району Київської області процес евтрофікації призведе до переходу Potamogetea → Lemnetea. Подальші зміни в цьому напрямі зможуть спричинити деградацію угруповань макрофітів та формування біоценозів на основі ціанобактерій («цвітіння води»). Якщо це супроводжуватиметься зниженням рівня води, то відбудеться перехід до ценозів евтрофних боліт класу Phragmiti-Magnocaricetea.

Окремо слід розглядати процес нітрифікації. Сполуки нітрогену можуть поступати в екосистеми природним і антропогенним шляхом (Valiela, et al 1997). Водні макрофітні фітоценози мало відрізняються одна від одної

за амплітудами відношення до вмісту нітрогену. Однак зростання їхнього вмісту вище порогових значень може спричинити «цвітіння води», а в поєднанні із замуленням здійснити перехід до евтрофних боліт (клас Phragmiti-Magnocaricetea) та вологих евтрофних лук (клас Molinio-Arrhenatheretea). В умовах підвищеного антропогенного тиску, коли його величина перевищить 8,2 бали за інтегрованою шкалою Дідуха-Хом'яка, утворяться нітрофіковані рудеральні узбережжя класу Bidentetea tripartiti.

Висновки.

1. Угруповання водних макрофітів річки Щербинчик у районі с. Мощун належать до 9 асоціацій, об'єднаних у 4 союзи, 3 порядки та 3 класи. Утворені ними оселища є мезо-евтрофними й евтрофними водоймами та узбережжями.

2. У результаті бойових дій на долину річки діють утворені ними хімічні та фізичні чин-

ники – короточасні та пролонговані, прямого та опосередкованого впливу. Короточасними чинниками є термічні та механічні впливи, у тому числі гідроакустичні й вібраційні, під час вибухів боєприпасів. Фізико-хімічні чинники діють протягом більш тривалого часу.

3. Найбільш чутливими до зміни рівня кислотності є асоціації *Lemnetum minoris*, *Lemno-Salvinietum natantis*, *Potametum natantis*, *Numpharo lutei-Nymphaetum albae*, *Trapetum natans*, *Phragmitetum australis*, *Typhetum angustifoliae*. Найменш чутливими будуть асоціації *Glycerietum maximae* та *Iridetum pseudacori*.

4. Опосередковані впливи бойових дій можна розділити на три основні групи: замулення, евтрофікація та накопичення доступного рослинам нітрогену. Зниження величини багаторічного режиму зволоження призводить до поступового переходу до евтрофних боліт і вологих лук. У результаті евтрофікації, у тому числі через накопичення доступного нітрогену, відбувається деградація угруповань водних макрофітів. У прибережній частині поєднання нітрифікації із підвищенням рівня антропогенної трансформації спричиняє формування рудеральних ценозів класу *Videntetea tripartiti*.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2006). White Phosphorus: Health Effects. Toxicological Profile Information Sheet.
2. Alpatova, O., Maksymenko, I., Patseva, I., Khomiak, I., Gandziura, V. (2022). Hydrochemical state of the post-military operations water ecosystems of the Moschun, Kyiv region. XVI International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment” 15–18 November 2022, Kyiv, Ukraine.
3. Arthington, Angela H. (2012). Wetlands, Threats, and Water Requirements, Environmental Flows, University of California Press, (pp. 243–258).
4. Atiyeh, B.S., Gunn, S.W., Hayek, S.N. (31 December 2007). Military and Civilian Burn Injuries During Armed Conflicts. *Annals of Burns and Fire Disasters*. 20 (4), 203–215.
5. Boiko, V. S., Boiko, R. V. (2004). Explanatory and terminological dictionary-reference book on oil and gas.
6. Davidson, N.C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65 (10), 934–941.
7. Dobrochaeva, D.N., Kotov, M.N., Gorokudin, Yu.N. (1987). Determinant of higher plants of Ukraine.
8. Didukh, Ya.P. (2005). Theoretical approaches to creating a classification of ecosystems. *Ukr. Phytocene collection*, Ser. S, 23, 3–15.
9. Didukh, Y. P. (2012). *Fundamentals of Bioindication*. Kyiv: Naukova dumka Publ.
10. Dubyna, D. V. (2006). Higher aquatic vegetation. *Lemnetea*, *Potametea*, *Ruppietea*, *Zosteretea*, *Isoëto-Littorelletea* (*Eleocharition acicularis*, *Isoetion lacustris*, *Potamion graminei*, *Sphagno-Utricularion*), *Phragmito-Magnocaricetea* (*Glycerio-Sparganion*, *Oenanthion aquaticae*, *Phragmition communis*, *Scirpion maritimi*). *Resp. ed. Yu. R. Shelyag-Sosonko. Vegetation of Ukraine*.
11. Dubyna, D.V., Dzyuba, T.P., Yemelyanova, S.M., and others. (2019). *Prodromus vegetation of Ukraine*.
12. Hennekens S. (2009). *Turboveg for Windows. 1998–2007. Version 2*. Wageningen: Inst. voor Bos en Natuur.
13. Khomiak, I., Harbar, O., Demchuk, N., Kotsiuba, I., Onyshchuk, I. (2019). Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*, 1 (57), 136–146.
14. Keddy, P.A. (2010). *Wetland Ecology Principles and Conservation*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, USA, 1–497.
15. Khomiak, I.V. (2013). Phytoindicative analysis of transformation processes of wetlands. *Protected business in Ukraine*, 1 (19), 38–42.
16. Khomiak, I.V., Kozin, M.S., Kotsyuba, I.Yu., Vasylenko, O.M., Vlasenko, R.P. (2022). Justification of the need to protect the sources of small rivers on the example of the Slovechansko-Ovrutsky Ridge. *Environmental sciences*, 1 (40), 28–32.
17. Khomiak, I.V., Zarichna, M.S., Demchuk, N.S., Kostyuk, V.S., Vasylenko, O.M., Vlasenko, R.P., Garbar, D.A. (2021). The influence of flow regulation on the dynamics of ecosystems of the Lisna river (Zhytomyr Region) *Ecological Sciences*, 2(35), 45–48.
18. Mosyakin, S.L., Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*.
19. Palamarchuk, M.M., Zakorchevna, N.B. (2001). *Water Fund of Ukraine. Reference manual*.
20. Smith, M. J.; Schreiber, E. S. G., Kohout, M., Ough, K., Lennie, R., Turnbull, D., Jin, C., Clancy, T. (2007). Wetlands as landscape units: spatial patterns in salinity and water chemistry. *Wetlands, Ecology & Management*, 15 (2), 95–103.
21. Upadhyay A.K, Singh,R., Singh D. (2020). *Restoration of Wetland Ecosystem: A Trajectory Towards a Sustainable Environment* 1st ed. Springer.

22. I.G. Kotsiuba, G.V. Skyba, I.A. Skuratovskaya, S.M. Lyko. Ecological Monitoring of Small Water Systems: Algorithm, Software Package, the Results of Application to the Uzh River Basin (Ukraine). Methods and objects of chemical analysis, Volume 14, № 4, 2019. P. 200–207.

23. Iryna Kotsiuba, Vitalina Lukianova, Yevheniia Anpilova, Tetiana Yelnikova, Olena Herasymchuk, Oksana Spasichenko. The Features of Eutrophication Processes in the Water of the Uzh River. Ecological Engineering & Environmental Technology 2022, 23(2), 9–15.