

УДК 582.27(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.11>

ОЦІНКА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ТРЕНДІВ ПОШИРЕННЯ ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ (*CHLOROPHYTA*) В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ БІОГЕОГРАФІЧНИХ ДАНИХ GBIF

Катинська І.В. – к. геогр. н. доцент,
orcid.org/0000-0001-9152-0471

Бургаз М.І. – к. б. н., доцент
orcid.org/0000-0003-1551-6002

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
irynakatynska7@gmail.com

У статті представлено комплексний просторово-часовий аналіз поширення зелених водоростей (*Chlorophyta*) у водоймах України впродовж 2015–2025 рр. у контексті кліматичних коливань та зростання антропогенного навантаження. Актуальність зумовлена дефіцитом узагальнених даних національного масштабу щодо динаміки фітопланктонних угруповань та потребою у цифрових інструментах біомоніторингу. Метою дослідження є виявлення часових трендів таксономічного різноманіття *Chlorophyta* та оцінка регіональних відмін у структурі біорізноманіття з використанням відкритих біогеографічних даних GBIF. База дослідження включає 1100 реєстрацій із 24 адміністративних областей, охоплюючи прісноводні, солонуваті та прибережно-морські системи. Дані систематизовано за роками, регіонами та основними класами (*Chlorophyceae*, *Ulvophyceae*, *Trebouxiophyceae*); застосовано описову статистику, порівняльний аналіз, біогеографічне картування (QGIS) та інтерпретацію через індикаторні групи, чутливі до тропності та мінералізації.

Отримано чітку динаміку розширення таксономічної структури: за десятиріччя зафіксовано представників 33 родин, 75 родів і близько 120 видів, із максимумом у 2024 р. (61 вид). Частка класів у середньому становила: *Chlorophyceae* – 58 %, *Ulvophyceae* – 28 %, *Trebouxiophyceae* – 12 %. Після 2020 р. відзначено істотне зростання *Ulvophyceae*, що корелює з посиленням мінералізації у південних регіонах (прибережні та лиманні акваторії). Серед домінантів відзначено роди *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetradesmus* та *Ulva*, що відображає поєднання мезо-/евтрофних прісноводних і солонуватих комплексів. На рівні порядків переважають *Sphaeropleales* (45 %), *Cladophorales* (23 %) та *Ulvales* (17 %). Просторова структура є неоднорідною: найбільша видова насиченість – у Полтавській (47 видів), Харківській (44 види) та Одеській (38 видів) областях; у центральній-східній частині переважають евтрофні комплекси *Desmodesmus*/*Monoraphidium*, у південній зростає частка *Ulva*/*Cladophora* – індикаторів солонуватих та евригальних умов.

Виділено три провідні тренди десятиріччя: (1) посилення евтрофікації (експансія *Desmodesmus*, *Tetradesmus*, *Hydrodictyon*); (2) підвищення мінералізації, особливо у прибережних і лиманних зонах (зростання *Ulvophyceae*); (3) регі-

аналізація структури біорізноманіття з градієнтом зниження видової насиченості із центру на захід. Результати підтверджують придатність *Chlorophyta* як універсальної біоіндикаційної групи для оцінювання трофічного статусу та сольового режиму водойм; *Ulvophyceae* пропонуються як цільова індикаторна підгрупа для прибережно-ліманних систем. Застосування GBIF демонструє ефективність цифрових джерел у відстеженні багаторічних змін і інтеграції національних спостережень у глобальний контекст. Практичним результатом є обґрунтування створення інтегрального індексу фітодіагностики водойм України, що поєднуватиме біогеографічні, таксономічні та гідрологічні параметри для кількісної оцінки екологічної стабільності регіонів і виявлення зон ризику деградації.

Ключові слова: біомоніторинг, *Chlorophyta*, *Ulvophyceae*, дані GBIF, евтрофікація, мінералізація вод, біоіндикація.

Постановка проблеми. В умовах глобальних кліматичних змін і зростання антропогенного навантаження на водні екосистеми питання збереження та моніторингу стану водних біоресурсів набуває особливого значення. В Україні, як і в більшості країн Європи, спостерігається зниження екологічної стабільності водних об'єктів, що проявляється у зміні видового складу фітопланктону, збільшенні кількості евтрофних видів та періодичних спалахах «цвітіння» води. Однією з головних груп мікроскопічних водоростей, що реагують на такі зміни, є зелені водорості (*Chlorophyta*) [1].

Chlorophyta становлять важливу складову первинної продукції водойм, забезпечують процеси фотосинтезу та трофічного ланцюга, формують основу кормової бази для багатьох гідробіонтів. Їхня висока чутливість до коливань концентрацій поживних речовин, мінералізації, освітленості та температури робить цю групу водоростей ефективним природним біоіндикатором стану водних екосистем [2].

З огляду на це, *Chlorophyta* становлять не лише біологічний компонент екосистем, але й один із найінформативніших індикаторів їхнього екологічного стану та важливий інструмент управління водними ресурсами. Видові співвідношення зелених водоростей використовуються для оцінки рівня евтрофікації, ступеня органічного забруднення та виявлення ранніх ознак деградації водних екосистем. Збільшення частки евтрофних таксонів у фітопланктоні закономірно відображає посилення антропогенного навантаження, зниження прозорості води та погіршення умов існування їхтїофауни [3, 4].

На сучасному етапі проблема полягає у відсутності систематизованих і порівняльних даних про просторово-часову динаміку зелених водоростей на рівні всієї України. Раніше більшість досліджень обмежувалася локальними спостереженнями або описом окремих водойм, без урахування регіональних і кліматичних особливостей. Це ускладнює форму-

вання цілісної картини стану водних екосистем та прогнозування тенденцій їх розвитку.

Особливого значення набуває інтеграція національних спостережень у міжнародні бази біорізноманіття. Однією з найпотужніших платформ для таких цілей є GBIF (Global Biodiversity Information Facility) [5], що об'єднує глобальні біогеографічні дані про поширення видів. Аналіз записів GBIF дозволяє не лише оцінити просторовий розподіл *Chlorophyta*, але й простежити динаміку їхньої присутності у часі, що відкриває нові можливості для цифрового моніторингу стану водних екосистем [4, 6].

Використання даних GBIF у поєднанні з екологічною інтерпретацією дозволяє створити цифрову базу для визначення біоіндикаційних трендів і побудови інтегральних індексів стану водойм, що є перспективним напрямом у розвитку системи екологічного моніторингу України. Таке дослідження не лише має теоретичне значення для гідробіології та біогеографії, а й практичну цінність для системи управління водними ресурсами, рибного господарства та природоохоронної політики.

Отже, проблема полягає в необхідності виявлення закономірностей динаміки та регіональних особливостей поширення зелених водоростей (*Chlorophyta*) у водоймах України, що дозволить удосконалити підходи до оцінки стану водних екосистем і створити передумови для формування національної системи цифрового моніторингу біорізноманіття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світова практика моніторингу якості води широко використовує зелені водорості як індикатори евтрофікації та забруднення [1, 2]. У багатьох країнах вони застосовуються для визначення трофічного статусу водойм, оцінки біопродуктивності й контролю екологічних змін у прибережних акваторіях.

У національних дослідженнях особливу увагу привертають регіональні роботи, що демонструють кількісно підтверджений зв'язок фітопланктону з біогенним навантаженням у малих річках Полісся [3], а також сучасні таксономічні підходи до класифікації представників *Ulvophyceae*, які забезпечують уніфікацію обліку зелених водоростей у моніторингових дослідженнях [7]. Експериментально підтверджена толерантність зелених водоростей до солоного стресу [8] та картографічні підходи біоіндикації у дельтово-приморських зонах (Дунайська прибережна смуга) [6] узгоджуються з трендами підвищення мінералізації та регіоналізації угруповань, які ми спостерігаємо за GBIF. Сезонна динаміка у внутрішніх водоймах Західної України [3] і довгострокова індикація у гідрологічно трансформованому Сасику [4] слугують емпіричною опорою для інтерпретації виявлених нами міжрічних змін та обґрунтовують розроблення інтегрального індексу фітодіагностики.

Роботи [9] довели, що представники роду *Ulva* можуть використовуватись як показники солоності у морських та лиманних системах, що особливо актуально для Південного регіону України. Екологічна поведінка представників роду *Ulva*, які належать до відділу *Chlorophyta*, є характерною для цієї групи зелених водоростей – зокрема, вони демонструють високий рівень толерантності до коливань абіотичних факторів середовища. Лабораторні дослідження [10] підтвердили, що вид *Ulva prolifera* здатний активно нарощувати біомасу в широкому діапазоні температур і солоності, що засвідчує її потенціал як надійного об'єкта біоіндикації, але водночас вказує на ризик масового «цвітіння» води у вигляді зелених приливів. У цьому контексті роль *Chlorophyta* у біоіндикаційній оцінці екологічного стану водойм потребує глибшого системного опрацювання, адже в українському науковому полі відповідні дослідження досі проводяться фрагментарно і не охоплюють інтегрованого національного масштабу [4, 8].

Використання відкритих біогеографічних баз даних, таких як GBIF [5], надає можливість для формування об'єктивної оцінки змін у поширенні зелених водоростей, виявлення екологічних трендів і просторових закономірностей [4, 6].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є визначення динаміки та регіональних особливостей поширення зелених водоростей (*Chlorophyta*) у водоймах України протягом 2015–2025 рр. на основі відкритих біогеографічних даних GBIF [5].

Для досягнення мети поставлено такі завдання: проаналізувати часові тренди таксономічного різноманіття *Chlorophyta*; оцінити просторову структуру розподілу основних класів зелених водоростей; визначити регіональні відмінності у видовому складі та домінуючих таксонах; інтерпретувати екологічні чинники, що зумовлюють спостережені зміни.

Матеріали і методи дослідження. Для аналізу використано 1100 реєстрацій зелених водоростей, отриманих із бази даних GBIF (станом на жовтень 2025 р.) [5]. Записи охоплюють 24 адміністративні області України, включно з прісноводними, солонуватими та прибережно-морськими водоймами.

Дані систематизовано за роками, регіонами та основними класами *Chlorophyta* – *Chlorophyceae*, *Ulvophyceae* та *Trebouxiophyceae*. Застосовано методи описової статистики, порівняльного аналізу та біогеографічного картування у середовищі QGIS. Для таксономічної валідації *Ulvophyceae* застосовано сучасні діагностичні ключі [7]. Регіональна інтерпретація для прибережно-лиманних систем спиралась на опубліковані карти/оцінки Дунайської прибережної зони та Сасику [4, 6].

Таксономічне узагальнення проведено на рівнях видів, родів і родин. Для виявлення тенденцій розвитку використовувались індикаторні групи видів, що характеризують різний рівень трофності та мінералізації водойм.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз даних GBIF за 2015–2025 рр. [5] дозволив простежити чітку динаміку зміни таксономічної структури зелених водоростей у водоймах України. Загалом у досліджуваній період виявлено понад 1100 реєстрацій, які охоплюють представників 33 родин, 75 родів і близько 120 видів *Chlorophyta*. Отримані результати свідчать про поступове зростання біорізноманіття протягом десятиріччя з максимумом у 2024 р.

Від 2015 до 2024 року спостерігається поступове, але послідовне зростання кількості не лише унікальних видів зелених водоростей (з 28 до 61), але й родів та родин (рис. 1), що свідчить про багаторівневе розширення таксономічної структури *Chlorophyta*. Важливо підкреслити, що динаміка цього процесу не була лінійною: графік демонструє чітко виражені етапи сповільнення та прискорення. Упродовж 2015–2018 рр. приріст був відносно плавним, що характерно для екосистем зі стабільним трофічним режимом, без істотних зовнішніх збурень.

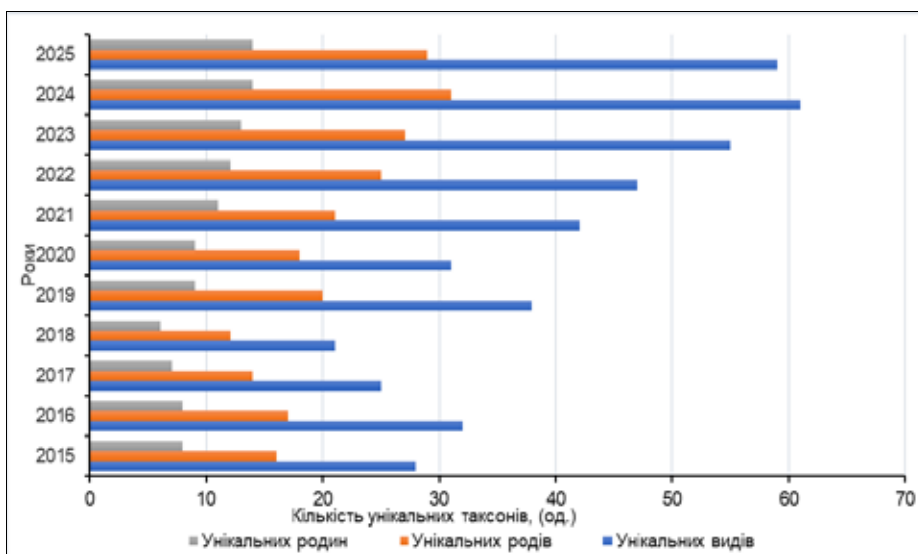


Рис. 1. Динаміка таксономічного різноманіття зелених водоростей в Україні (2015–2025 рр.) [5]

Починаючи з 2019 року, спостерігається різке прискорення зростання, яке посилюється ще більше після 2020 року – саме на цих етапах фіксується найдинамічніше розширення видового і родового складу. Подібна тенденція узгоджується з одночасним впровадженням цифрових систем біомоніторингу та зростанням уваги до відкритих екологічних даних, а також із кліматичними зрушеннями, що стали каталізатором трансформації фітопланктонних угруповань. Найінтенсивніший приріст кіль-

кості таксонів припадає на 2021–2024 рр., що може свідчити не лише про покращення якості обліку, але й про можливий перехід водних екосистем до нового функціонального стану

За період 2015–2018 рр. рівень різноманіття залишався порівняно стабільним і відповідав природним коливанням у межах середньомезотрофних умов. Проте починаючи з 2019 року простежується чіткий перелом тренду – показники таксономічного різноманіття починають зростати значно активніше. Це пов'язується як із підвищенням інтенсивності моніторингових досліджень та цифровізації біогеографічних баз даних, так і з можливим посиленням антропогенного впливу на водні екосистеми. Максимальні значення у 2024 р. (61 вид) можуть відображати накопичувальний ефект евтрофікації водойм, що найяскравіше проявляється у центральних і південних регіонах України. Водночас незначне зниження показників у 2025 р. може бути зумовлене гідрологічно посушливими умовами, скороченням площ дрібних водойм та зменшенням кількості придатних біотопів для розвитку *Chlorophyta*.

Серед досліджених зелених водоростей найбільшу частку становлять представники класу *Chlorophyceae* – у середньому 58 % від загальної кількості записів. Клас *Ulvophyceae* представлений 28 % спостережень, а *Trebouxiophyceae* – близько 12 %. Після 2020 року частка *Ulvophyceae* зростає, особливо у південних регіонах (Одеська, Миколаївська області), що свідчить про збільшення частоти евтрофних та солонуватих умов у водоймах.

До найпоширеніших родів належать *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetradesmus* та *Ulva*. Усі вони характеризуються високою екологічною пластичністю, здатністю швидко розмножуватися та витримувати коливання температури та солоності. Види родів *Desmodesmus* і *Scenedesmus* зазвичай переважають у мезо- та евтрофних умовах і виступають типовими компонентами прісноводного фітопланктону. *Ulva lactuca* та *Cladophora glomerata*, навпаки, характерні для прибережних і лиманних акваторій, де відбувається періодичне підвищення солоності.

У перші роки спостереження (2015–2018 рр.) переважали типово прісноводні форми – *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus quadricauda*, *Monactinus simplex*. Після 2020 року у вибірці зростає частка евритермних і солестійких видів, що мають здатність виживати за змінної солоності (рис. 2), – *Ulva intestinalis*, *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*.

Це свідчить про поступову трансформацію умов існування фітопланктону під впливом кліматичних чинників, зокрема збільшення температури води та випаровування, що веде до часткового засолення водойм. Таким чином, після 2020 року динаміка розвитку *Chlorophyta* набуває рис екологічної нестабільності, що вказує на поступовий перехід від стабільних фітопланктонних угруповань до адаптивно змінних структур.

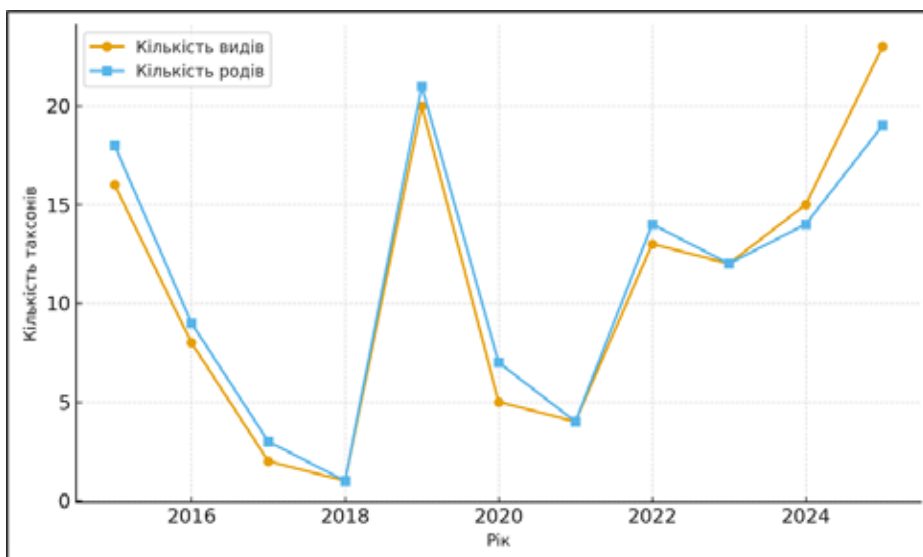


Рис. 2. Міжрічні коливання кількості видів і родів *Chlorophyta* в Україні (2015–2025 рр.) [5]

Просторовий аналіз даних GBIF показав значну неоднорідність у розподілі *Chlorophyta* по території України (рис. 3). Найвищу видову насиченість виявлено в Полтавській (47 видів), Харківській (44 види) та Одеській (38 видів) областях. Це зумовлено як гідрологічними умовами (наявність великої кількості стоячих водойм і лиманних систем), так і активною дослідницькою діяльністю у цих регіонах.

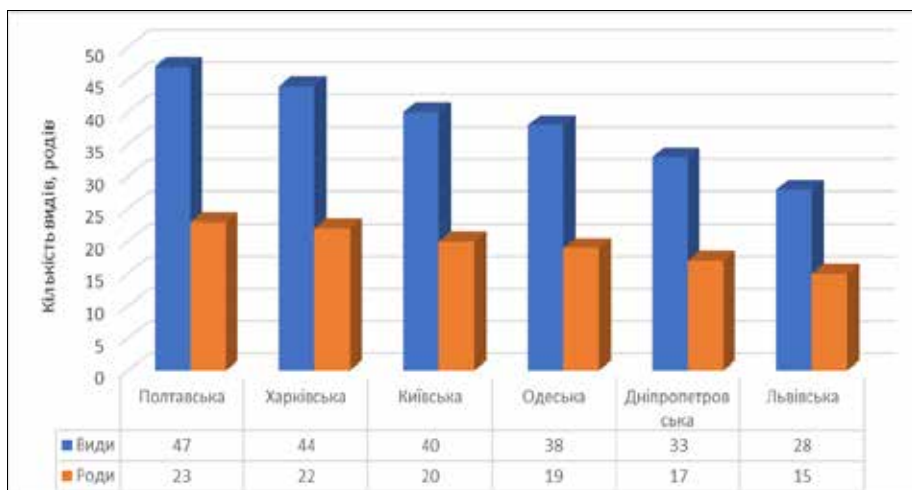


Рис. 3. Регіональна структура спостережень *Chlorophyta* (2015–2025 рр.)

Регіональна структура свідчить про певну закономірність: у центральних і східних областях переважають представники родів *Desmodesmus* та *Monoraphidium*, характерні для евтрофних і помірно забруднених водойм. У південних регіонах (Одеська, Миколаївська) зростає частка *Ulva* та *Cladophora*, що вказує на підвищення солоності та зміну гідрохімічного режиму під впливом кліматичних факторів і антропогенного навантаження.

Поступове зростання різноманіття зелених водоростей у більшості регіонів України може бути інтерпретовано двояко: з одного боку – як результат підвищення уваги до цифрових спостережень і відкритих баз даних; з іншого – як сигнал екологічної нестабільності, що проявляється у зміні трофічного статусу водойм. У багатьох випадках збільшення кількості видів *Chlorophyta* не є ознакою покращення стану водних екосистем, а навпаки – вказує на розширення ніш для опортуністичних і толерантних до забруднення форм. Таким чином, регіональні відмінності у структурі *Chlorophyta* відображають не лише сучасний стан, а й глибинні процеси трансформації водних екосистем України.

Протягом аналізованого десятирічного періоду простежується низка виражених екологічних трендів, що відображають сучасний стан і динаміку водних екосистем України. Найбільш помітним є посилення процесів евтрофікації, про що свідчить зростання частки представників родів *Desmodesmus*, *Tetradesmus* і *Hydrodictyon*. Ці водорості належать до групи індикаторів підвищеного вмісту поживних речовин, насамперед сполук азоту й фосфору, що потрапляють у водойми з агроландшафтів. Така тенденція характерна для водойм центральних та східних регіонів країни, де інтенсивне сільськогосподарське використання територій зумовлює надходження значних обсягів органічних і мінеральних речовин.

Другим вагомим трендом є підвищення мінералізації води, зокрема у прибережних акваторіях Чорного моря, лиманах та нижніх ділянках річкових басейнів. Збільшення чисельності представників класу *Ulvophyceae* у цих регіонах корелює з кліматичними чинниками – підвищенням середньорічних температур і зменшенням кількості опадів, що сприяє концентрації розчинених солей у водному середовищі. У результаті формуються умови, сприятливі для розвитку евритермних і солестійких видів, таких як *Ulva lactuca* та *Cladophora glomerata*, які все частіше трапляються у водоймах із коливним гідрологічним режимом.

Третім екологічним проявом десятиріччя є поступова регіоналізація структури біорізноманіття зелених водоростей. Простежується чіткий градієнт зниження видового різноманіття із центральних областей у бік західних регіонів. Такий розподіл частково зумовлений природними гідрологічними особливостями, меншою кількістю евтрофних водойм та відмінностями у трофічному режимі, а частково – різною інтенсивністю

та повнотою біомоніторингових спостережень. Сукупність цих факторів формує сучасну просторово-екологічну мозаїку поширення *Chlorophyta* в Україні, яка відображає як природні, так і антропогенні тенденції розвитку водних екосистем.

Отримані результати підтверджують, що *Chlorophyta* є універсальною біоіндикаційною групою, придатною для оцінки стану водойм різних типів – від прісноводних річкових і ставкових систем до солонуватих лиманів, що цілком узгоджується з узагальненнями Bellinger E. G., Sigee D C. [1] та Barsanti, L., Gualtieri, P. [2] щодо провідної ролі зелених водоростей у системах біомоніторингу. Виявлене нами посилення ролі мезо- та евтрофних комплексів *Desmodesmus/Scenedesmus* у центральних і східних регіонах України відповідає описаним для європейських водойм тенденціям зростання частки евтрофних фітопланктонних таксонів у відповідь на збільшення біогенного навантаження [1, 2]. Таким чином, багаторічні тренди, встановлені за даними GBIF, не є локальною аномалією, а вписуються у ширший контекст глобальних змін трофічного стану водойм.

Регіональні відмінності, зафіксовані для України, добре співвідносяться з результатами локальних гідробіологічних досліджень. Так, сезонна динаміка альгофлори озера Засвітське, описана Суходольською І. Л. та Басарабою І. В. [3], демонструє тісний зв'язок між збільшенням біогенних надходжень і посиленням ролі евтрофних зелених водоростей у структурі фітопланктону. Подібний механізм ми спостерігаємо на ширшому, національному рівні: зростання представленості *Desmodesmus*, *Tetradesmus* і *Hydrodictyon* у центральних та східних областях корелює з інтенсивним агроландшафтним навантаженням і повторює закономірності, описані для малих рівнинних водойм [3]. У гідрологічно трансформованих системах, подібних до естуарію Сасик, де Bilous O. P. та співавтори [4] показали довгострокові зсуви у структурі альгових угруповань, наші результати також вказують на тенденцію до заміщення більш чутливих видів толерантними опортуністичними формами *Chlorophyta*.

Виявлена у нашому дослідженні просторово-екологічна мозаїка, зокрема зростання частки *Ulvophyceae* та родів *Ulva*, *Cladophora* у прибережно-лиманних системах півдня України, узгоджується з даними про солестійкі та евритермні властивості цих таксонів. Rybak, A. S. [9] показав, що види *Ulva* можуть розглядатися як надійні показники градієнта солоності, а експериментальні дослідження Хіао, J. та співавторів [10] продемонстрували здатність *Ulva prolifera* активно нарощувати біомасу в широких діапазонах температур і солоності. Аналогічні висновки щодо високої адаптивності зелених водоростей до екстремальних умов середовища отримали Sommer V. та співавтори [8] для біокрустів у сильно засоле-

них техногенних ландшафтах. На цьому тлі зафіксоване нами збільшення частки *Ulvophyceae* у південних регіонах може розглядатися як індикатор поєданого впливу аридизації клімату, підвищення мінералізації та гідрологічної перебудови прибережних водойм, що добре узгоджується з картографічними оцінками антропогенного тиску в Дунайській прибережній зоні, наведеними Snigirova A. та співавторами [6].

Використані нами таксономічні підходи до валідації *Ulvophyceae* базуються на діагностичних ключах Škaloud P. та співавторів [7], що забезпечило узгодженість інтерпретації національних даних із сучасними європейськими класифікаційними стандартами. Це особливо важливо в контексті інтеграції українських біогеографічних даних у глобальні бази на кшталт GBIF [5] та подальшого гармонізованого використання *Chlorophyta* й *Ulvophyceae* як індикаторних груп у транскордонному моніторингу.

Використання даних GBIF забезпечує можливість комплексного аналізу багаторічних змін біорізноманіття та створює основу для розроблення цифрових інструментів екологічного моніторингу водних ресурсів України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна зробити висновок, що впродовж 2015–2025 рр. у водоймах України простежується стійке зростання таксономічного різноманіття зелених водоростей. Ця тенденція свідчить про поступові трансформації у структурі водних біоценозів, зумовлені поєднанням природних кліматичних коливань та антропогенного навантаження. Підвищення кількості видів і родів *Chlorophyta*, зафіксоване за даними GBIF, відображає як реальні екологічні процеси у водоймах, так і розширення бази моніторингових спостережень.

Просторова структура поширення *Chlorophyta* демонструє чітку регіональну диференціацію, що корелює з особливостями гідрологічного режиму та ступенем антропогенного впливу. У північних і центральних регіонах домінують прісноводні мезо– та евтрофні комплекси, тоді як у південних водоймах, особливо в прибережних і лиманних системах, зростає частка евритермних і солестійких видів. Такий розподіл відображає загальну тенденцію до поступової аридизації клімату та підвищення мінералізації водного середовища.

Представники класу *Ulvophyceae* виявилися чутливими маркерами екологічних змін і можуть бути рекомендовані як індикаторна група для оцінювання рівня евтрофікації та підвищеної мінералізації водойм. Їхня присутність і динаміка чисельності відображають стан прибережних акваторій та інтенсивність антропогенного впливу, що підтверджує доцільність їхнього використання у системах біоіндикаційного моніторингу.

Застосування відкритих біорізноманітнісних баз даних, зокрема GBIF, підтвердило ефективність цифрових методів у сучасному екологіч-

ному моніторингу. Такі джерела дозволяють не лише відстежувати багаторічні зміни в динаміці та просторі, але й інтегрувати національні дані в глобальні екологічні оцінки.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення інтегрального індексу фітодіагностики водойм України, який поєднає біогеографічні, таксономічні та гідрологічні параметри. Такий індекс стане ефективним інструментом кількісної оцінки екологічної стабільності регіонів, виявлення зон ризику деградації водних екосистем та підвищення науково-аналітичного рівня системи управління водними біоресурсами.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

SPATIO-TEMPORAL ASSESSMENT OF DISTRIBUTION TRENDS OF GREEN ALGAE (*CHLOROPHYTA*) IN UKRAINE BASED ON GBIF BIOGEOGRAPHIC DATA

Katynska I.V. – PhD in Geography, Associate Professor
orcid.org/0000-0001-9152-0471

Burhaz M.I. – PhD in Biology, Associate Professor,
orcid.org/0000-0003-1551-6002

I.I. Mechnikov Odesa National University
irynakatynska7@gmail.com

This study provides a nationwide spatio-temporal analysis of *Chlorophyta* distribution across Ukrainian aquatic systems over 2015–2025 against the backdrop of climate variability and intensifying anthropogenic pressures. The research addresses a critical knowledge gap: the scarcity of integrated, country-scale evidence on phytoplankton dynamics required for modern, data-driven biomonitoring. Our aim was to quantify temporal trends in taxonomic diversity and to resolve regional patterns in community structure using open biogeographic data from GBIF. The dataset comprises 1,100 occurrence records from 24 administrative regions spanning freshwater, brackish and coastal-marine habitats. Records were harmonized by year, region and major classes (*Chlorophyceae*, *Ulvophyceae*, *Trebouxiophyceae*). We applied descriptive statistics, comparative analysis, GIS-based biogeographic mapping (QGIS) and interpretation through indicator groups sensitive to trophic status and water mineralization.

Results reveal a consistent expansion of taxonomic structure throughout the decade: 33 families, 75 genera and ~120 species were documented, peaking in 2024 (61 species). Class contributions averaged 58 % (*Chlorophyceae*), 28 % (*Ulvophyceae*) and 12 % (*Trebouxiophyceae*). Since 2020, *Ulvophyceae* increased markedly, aligning with rising mineralization in southern coastal and lagoonal systems. Dominant genera include *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetradasmus* and *Ulva*, reflecting the co-occurrence of meso/eutrophic freshwater and brackish complexes. At order level, *Sphaeropleales* (45%), *Cladophorales* (23 %) and *Ulvales* (17 %) prevailed. Spatial structure is heterogeneous: species richness peaks in Poltava (47 species), Kharkiv (44

species) and Odesa (38 species) regions; central-eastern provinces are characterized by eutrophic *Desmodesmus*/*Monoraphidium* assemblages, while southern regions show increasing shares of *Ulva*/*Cladophora* indicative of higher salinity and thermal tolerance.

Three decade-scale ecological signals emerge: (1) intensifying eutrophication (expansion of *Desmodesmus*, *Tetradesmus*, *Hydrodictyon*); (2) increasing water mineralization, especially in coastal-lagoonal reaches (surge of *Ulvophyceae*); and (3) regionalization of diversity with a central-to-western decline in species richness. The findings corroborate *Chlorophyta* as a robust bioindicator group for diagnosing trophic status and salinity regimes, and highlight *Ulvophyceae* as a targeted indicator subset for coastal/estuarine monitoring. Leveraging GBIF demonstrates the utility of open digital biodiversity infrastructures for tracking multi-year change and coupling national observations to global assessments. Practically, we substantiate the development of an integrated phytodiagnostic index for Ukrainian waters that fuses biogeographic, taxonomic and hydrological parameters to quantify regional ecological stability and identify degradation risk zones, thereby informing water-resource governance and conservation planning.

Key words: biomonitoring, *Chlorophyta*, *Ulvophyceae*, GBIF data, eutrophication, water mineralization, bioindication.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bellinger, E. G., Sigeo, D. C. Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2015. 275 p. DOI:10.1002/9781118917152
2. Barsanti, L., Gualtieri, P. Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. 3rd ed. CRC Press, 2022. 456 p. <https://doi.org/10.1201/9781003187707>
3. Суходольська І. Л., Басараба І. В. Сезонна динаміка альгофлори озера Засвітське (Рівненська обл., Україна). *Альгологія*. 2023. Т. 33, № 2. С. 83–97.
4. Bilous O. P., Wojtal A. Z., Ivanova N. O. et al. Indication of long-term changes of algae communities in a hydrologically transformed Estuary Sasyk, Black Sea, Ukraine. *Water*. 2023. Vol. 15, 2078.
5. GBIF.org. GBIF Occurrence Download (15 October 2025). URL: <https://www.gbif.org>
6. Snigirova A., Bogatova Yu., Barinova S. Assessment of river-sea interection in the Danube Nearshore Area (Ukraine) by bioindicators and statistical mapping. *Land*. 2021. Vol. 10 (3). 310. P. 1–18.
7. Škaloud P., Rindi F., Boedeker Ch., Leliaert F. Freshwater Flora of Central Europe. Vol 13: *Chlorophyta: Ulvophyceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 13. Berlin: Springer Spektrum, 2018. 289 p.
8. Sommer V., Mikhailyuk T., Glaser K., Karsten U. Uncovering unique green algae and cyanobacteria isolated from biocrusts in highly saline potash tailing pile habitats, using an integrative approach. *Microorganisms*. 2020. V. 8: 1667.
9. Rybak, A. S. Species of *Ulva* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*) as indicators of salinity. *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 85. P. 253–261. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.10.061.

10. Xiao, J., Zhang, X., Gao, C. et al. *Effect of temperature, salinity and irradiance on growth and photosynthesis of Ulva prolifera*. *Acta Oceanol. Sin.* 35, 2016 P. 114–121 <https://doi.org/10.1007/s13131-016-0891-0>

REFERENCES

1. Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2015). *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators* (2nd ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118917152>
2. Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2022). *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003187707>
3. Sukhodolska, I. L., & Basaraba, I. V. (2023). *Sezonna dynamika alhoflory ozera Zasvitske (Rivnenska obl., Ukraina)* [Seasonal dynamics of algal flora of Lake Zasvitske (Rivne region, Ukraine)]. *Algolohiia* [Algologia], Vol. 33, no. 2, 83-97. [in Ukrainian].
4. Bilous, O. P., Wojtal, A. Z., Ivanova, N. O., et al. (2023). Indication of long-term changes of algae communities in a hydrologically transformed Estuary Sasyk, Black Sea, Ukraine. *Water*, Vol. 15, 2078.
5. GBIF.org. (2025, October 15). GBIF Occurrence Download. Retrieved from <https://www.gbif.org>
6. Snigirova, A., Bogatova, Y., & Barinova, S. (2021). Assessment of river-sea interaction in the Danube Nearshore Area (Ukraine) by bioindicators and statistical mapping. *Land*, Vol. 10(3), 310, 1-18.
7. Škaloud, P., Rindi, F., Boedeker, C., & Leliaert, F. (2018). Freshwater Flora of Central Europe, Vol. 13: *Chlorophyta: Ulvophyceae*. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 13). Berlin: Springer Spektrum.
8. Sommer, V., Mikhailiuk, T., Glaser, K., & Karsten, U. (2020). Uncovering unique green algae and cyanobacteria isolated from biocrusts in highly saline potash tailing pile habitats, using an integrative approach. *Microorganisms*, 8, 1667.
9. Rybak, A. S. (2018). Species of *Ulva* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*) as indicators of salinity. *Ecological Indicators*, Vol. 85, 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.061>
10. Xiao, J., Zhang, X., Gao, C., et al. (2016). Effect of temperature, salinity and irradiance on growth and photosynthesis of *Ulva prolifera*. *Acta Oceanologica Sinica*, Vol. 35, 114-121. <https://doi.org/10.1007/s13131-016-0891-0>

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025