

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет хімії, екології та фармації

Кафедра екології та охорони навколишнього середовища

Оксана Цьось, Оксана Музиченко, Марія Боярин

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ПРИТОК ВЕРХІВ'Я РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ
ЗА МАКРОФІТАМИ**



УДК 502.51:556.53(477)
Ц 97

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 5 від 19.01.2022 р.)*

Рецензенти:

Бєдункова О.О. – доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Нетробчук І.М. – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки

Цьось О.О., Музиченко О.С., Боярин М.В.

Ц 97 Методика оцінки екологічного стану поверхневих вод приток верхів'я річки Прип'ять за макрофітами. Луцьк : Вид-во Вежа, 2022. 26 с.

У виданні висвітлені питання застосування європейської фітоіндикаційної методики Makrofitowa Metoda Oceny Rzek (MMOR) для оцінки екологічного стану поверхневих вод приток верхів'я р. Прип'ять.

Використання представленої методики може бути корисним як у прикладних наукових дослідженнях екологічного стану поверхневих вод так і в навчальних цілях для отримання практичних навичок оцінки екологічного стану річок студентами спеціальності «Екологія».

УДК 502.51:556.53(477)

© Цьось О.О., Музиченко О.С., Боярин М.В.,
2022

© Волинський національний університет
імені Лесі Українки, 2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Біологічний моніторинг за станом навколишнього середовища	5
2. Методи оцінки стану водних екосистем за участю вищих водних рослин	7
3. Етапи проведення фітоіндикаційного дослідження екологічного стану поверхневих вод за методикою макрофітної оцінки річок (MMOR)	12
4. Розрахунок макрофітного індексу MIR	15
5. Приклади реалізації методики	19
Заключення	22
Література.....	23
Додатки	25

ВСТУП

Сучасний розвиток суспільства характеризується зростаючим використанням поверхневих вод, що неминуче веде до їх антропогенного забруднення, поступового виснаження та деградації. Інтенсивне використання та зменшення водності особливо позначається на малих річках. Для чіткого планування та розробки заходів, спрямованих на попередження та усунення негативних наслідків антропогенного впливу на водні об'єкти і поліпшення екологічної ситуації необхідна організація систематичного екологічного моніторингу (European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for Water Framework Directive (2000/60/EC); Порядок здійснення державного моніторингу вод, 2018). Постійного контролю потребують малі річки, що є найбільш вразливими елементами ландшафтів та формують якість середніх та великих річок (Клименко та ін., 1999).

До державної системи екологічного моніторингу поверхневих вод багатьох країн світу включені фітоіндикаційні дослідження. Фітоіндикація передбачена і в ратифікованій Україною Водній рамковій директиві ЄС та представлена в чисельних наукових публікаціях, щодо можливостей оцінки трофічних характеристик водних екосистем в умовах антропогенного навантаження. Для оцінки стану водойм фітоіндикаційні дослідження несуть більшу інформацію і проводити їх значно дешевше, ніж реєстрацію хімічних та фізичних характеристик поверхневих вод у лабораторних умовах. Використання вищих водних рослин у програмах екологічного моніторингу водойм завдячує їх нерухомому способу життя та відносно тривалому періоду існування. Передусім, за їх допомогою з'ясовується ступінь збагачення води поживними речовинами (біогенними елементами), що визначають трофічний статус водної екосистеми (Клименко, Гроховська, 2005 та ін.).

Проведений теоретичний аналіз доводить, що розподіл індикативних видів за ступенем значимості має складну взаємодію з місцевими біогеографічними умовами, які на фоні антропогенної складової кожного окремого річкового басейну проявляються по-різному. Проте, порівняно з іншими індикаційними елементами якості, макрофіти можна легко ідентифікувати відразу в полі, що дозволяє оцінити трофічні умовні річки з градієнтом від майже оліготрофних до евтрофних умов.

Метою даної методичної розробки є висвітлення застосування європейської фітоіндикаційної методики *Makrofitowa Metoda Oceny Rzek* (MMOR) для оцінки рівня трофності та загального екологічного стану річок. Розрахований показник макрофітного індексу (*Makrofitowy Indeks Rzeczny* (MIR) дозволяє здійснити оцінку екологічного стану поверхневих вод у відповідності з Водною Рамковою Директивою ЄС.

Використання представленої методики може бути корисним як у прикладних наукових дослідженнях екологічного стану поверхневих вод так і в навчальних цілях для отримання практичних навичок оцінки екологічного стану річок студентами спеціальності «Екологія».

1. Біологічний моніторинг за станом навколишнього середовища

Для чіткого планування та розробки заходів, спрямованих на попередження та усунення негативних наслідків антропогенного впливу на природні об'єкти (в т. ч. поверхневі води) в 1972 р. на Стокгольмській конференції ООН з охорони навколишнього середовища було прийнято план дій та запропоновано створити систему спостережень за станом навколишнього середовища за спеціальною програмою. Була створена нова міжурядова організація – Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) для вирішення проблем сучасної екологічної кризи (Бусуйок, 2012).

Згідно зі своїм мандатом ЮНЕП (United Nations Environment Programme (UNEP)) створена для здійснення багатопланової і різносторонньої діяльності зі спостереження за станом навколишнього середовища, збирання та обробки даних, оцінки стану довкілля, зокрема і прісноводних ресурсів, розробки документів, що стосуються екологічної політики, підготовки рекомендацій урядам та всій міжнародній спільноті щодо подальших спільних дій.

Під її керівництвом було створено Глобальну систему моніторингу навколишнього середовища. Важливим напрямком стала її інформаційна діяльність, що здійснюється в межах комплексної програми EARTH WATCH. Програма охоплює різні напрямки діяльності ЮНЕП та забезпечує збір і аналітичну обробку інформації для осіб, які приймають рішення. В Україні роботу ЮНЕП координує Представництво ООН.

Наступним кроком у формуванні та становленні глобального екологічного моніторингу стало прийняття Конвенції про охорону біологічного різноманіття на конференції «Саміт Землі» в Ріо-де-Жанейро (1992 р.). «Саміт Землі» – перша всесвітня конференція з захисту біосфери та біорізноманіття, де було наголошено, що першочерговим завданням є «врахування біорізноманіття та вжиття заходів для його збереження» та викладено 27 принципів екологічної поведінки людства. Документ містить основні принципи міжнародного співробітництва з охорони навколишнього середовища.

На світовому саміті зі збалансованого розвитку (Йоганнесбург, 2002) було визначено головний пріоритет нового тисячоліття – необхідність охорони та раціонального використання природних ресурсів, започатковано вивчення біорізноманіття за трьома рівнями: внутрішньовидовим – генетичним різноманіттям, видовим різноманіттям та різноманіттям угруповань, екосистем і ландшафтів (Dunowska та ін., 2009). Вперше в систему моніторингу була включена оцінка стану навколишнього середовища з використанням біологічних показників (біомоніторинг).

У сучасному трактуванні під моніторингом середовища розуміють «стеження за станом оточуючого людину природного середовища і попередження про кризові ситуації, шкідливі для здоров'я людей та інших живих організмів» (Реймерс, 1990). Такий моніторинг зорієнтований на фактичну фіксацію негативних наслідків господарської діяльності людини і, отже, володіє низьким прогностичним потенціалом. У концепції, розробленій Ю.А. Ізраєлем

(1974), сформульований природно-науковий підхід у визначенні екологічного моніторингу. «Моніторингом правильніше називати систему спостережень, яка дозволить виділити зміни стану біосфери під впливом діяльності людини».

В Україні діє «Положення про державну систему моніторингу довкілля», затверджене постановою КМУ від 30 березня 1998 року № 391.

Моніторинг довкілля в сучасному розумінні можна розглядати як аналітично-інформаційну систему, яка охоплює такі основні напрями: 1) спостереження за станом довкілля і за факторами, які впливають на окремі елементи довкілля; 2) оцінювання та аналіз фактичного стану всіх складових довкілля; 3) прогнозування стану довкілля і оцінювання цього стану; 4) забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень (Боголюбов, Клименко та ін. 2018).

У державній системі моніторингу навколишнього середовища України відповідно до функцій виділяють три типи моніторингу: стандартний моніторинг (базовий), кризовий або оперативний моніторинг та науковий або фоновий моніторинг (Погребенник та ін., 2005).

Окреме місце в загальній системі екологічного моніторингу посідають підходи біологічного моніторингу, які дозволяють оцінити зміни параметрів середовища за наявністю, життєздатністю та поведінкою організмів, визначити якість води, ґрунту, атмосфери, а також встановити ступінь їх забруднення. Поєднання методів хімічного аналізу з біологічними є основою сучасного екологічного моніторингу (Бессонова, 2001).

Головними методами біологічного моніторингу є біоіндикація і біотестування, які полягають в реєстрації будь-яких змін у біоті, викликаних антропогенними факторами. Ці методи не тотожні. Біоіндикація - це оцінювання екологічних факторів і змін за допомогою ознак або властивостей біосистем. Для проведення біоіндикації використовують живі організми, що властиві даному природному середовищу і аналізуються на рівні ознак, органів, організмів, видів, угруповань. Для біотестування використовують біомаркери, або тест-об'єкти. Тест-об'єкти – це обрані організми, які штучно вводять у середовище і фіксують відповідні якісні чи кількісні зміни органів, організмів та їх угруповань. З біомаркерами працюють у контрольованих (лабораторних) умовах (Дідух, 2012).

Одним з важливих напрямів біоіндикації є фітоіндикація, в якій як індикатори використовують ознаки та властивості рослинних організмів чи їх угруповань.

Широке застосування водних організмів в біоіндикаційних дослідженнях відбулось у ХІХ столітті, у зв'язку з різким погіршенням стану довкілля. Поверхневі води суходолу в цій ситуації виявились найбільш чутливою до забруднення ланкою природного середовища. Для оцінки якості вод почали застосовувати методики з використанням біологічних показників.

2. Методи оцінки стану водних екосистем за участю вищих водних рослин

Вищі водні рослини як індикатори зміни якості води поряд з іншими організмами знаходять широке застосування при біологічному аналізі. Оцінкам екологічного стану водних екосистем за участю вищих водних рослин присвячені праці М. Grzybowski (1993), В.П. Безсонової (2001), Б.П. Власова з співавт. (2002), Ю.Р. Гроховської (2002), І.В. Федорчук (2005), В.І. Мальцева з співавт. (2011), О.О. Цьось зі співавт. (2012; 2015; 2019), Н. Ciecierska (2013), М.В. Боярин зі співавт. (2019; 2020), Т.П. Василюк з співавт. (2013), М. Dypowska (2013), О.В. Клепець (2018), А.А. Alexeyeva et al. (2019) та ін.

Вищі водні рослини є одним з основних компонентів водних екосистем. Їх життєдіяльність надзвичайно тісно пов'язана з абіотичними факторами навколишнього середовища. Будь-яке відхилення показників хімічного складу поверхневих вод, їх термічного режиму, зміна кліматичних факторів матимуть відображення на стані гідробіонтів, в тому числі вищих водних рослин.

Визначенням екологічних умов середовища за характером і станом рослинності займається фітоіндикація. Це напрям біоіндикації, завданням якого є оцінка екологічних факторів середовища за допомогою ознак і властивостей видів рослин та їх угруповань.

Отже, фітоіндикація – це науковий напрямок, основою якого є оцінка екологічних факторів або екосистем за допомогою флористичних ознак, тобто ознак видів, угруповань, їх сукупності та взаємовідносин. Питання проведення фітоіндикаційних досліджень висвітлено у працях багатьох науковців.

Я.П. Дідух та П.Г. Плюта виділяють три періоди розвитку фітоіндикації. У першому періоді, який тривав протягом ХІХ століття, відбулось зародження і розвиток екології видів, були виявлені взаємозв'язки між видами рослин та умовами середовища. Зокрема, датський ботанік Вармінг стверджував, що умови існування рослин (кліматичні, ґрунтові, тощо) відіграють визначальну роль у формуванні не тільки зовнішнього вигляду рослин, але і його внутрішньої будови. В своїй праці «Екологічна географія рослин» (1895) вчений виділив чотири основні типи рослин: гідрофіти – рослини, пристосовані до існування у водному середовищі; ксерофіти – пристосовані до існування в посушливих умовах; мезофіти – існують у вологому кліматі на зволжених ґрунтах; галофіти – проростають на солончакових ґрунтах. В цей період опубліковано перші праці з проведення індикації екологічних факторів за рослинним покривом (наприклад, у 1850 році була опублікована монографія Хессела (Hassal A. N.) в якій була дана оцінка якості води за організмами фіто- та зоопланктону).

Другий період розвитку фітоіндикації – початок ХХ ст. до 60-х років століття. В цей період працювали такі визначні вчені як В. М. Сукачов, Л. Г. Раменський, Ф. Клементс (Clements), О. О. Альохін, Г. Ф. Морозов. Відбувається становлення низки наукових напрямів: геоботаніки, ґрунтознавства, геохімії, вчення про біосферу. Створюється класифікація

рослинності в залежності від екологічних особливостей рослинних угруповань (роботи Браун-Бланке (Braun-Blanquet)).

Третій період розпочався у 60-х роках і триває до наших днів. Він характеризується такими особливостями:

- виділенням фітоіндикації як самостійного наукового напрямку з подальшою її диференціацією;
- узагальненням матеріалів фітоіндикації;
- розробкою різноманітних екологічних шкал та нових методів дослідження і оцінки екологічних факторів;
- розвитком дистанційної (аеро- та космічної) фітоіндикації;

Вікторів С.В. виділив фітоіндикацію в особливий напрямок геоботаніки і назвав його «індикаційна геоботаніка».

На сьогоднішній день система проведення фітоіндикації добре розвинута: складено списки рослин-індикаторів, описано різні методи проведення досліджень за допомогою рослин, зокрема, широко розвивається напрямок, що базується на використанні фітоіндикаційних шкал, метод еталонів та метод екологічних профілів, розробляються нові методи, індекси фітоіндикації екологічного стану водних екосистем.

Фітоіндикація здійснюється на різних рівнях організації життя – клітинному, анатомо-морфологічному, організмівому, популяційному, фітоценотичному і ландшафтному.

Відповідно до рівнів фітоіндикації методи її проведення також поділяють на три групи: методи аутфітоіндикації, синфітоіндикації та симфітоценоіндикації.

Аутфітоіндикація заснована на вивченні ознак окремих рослин та їх популяцій. На фізіолого-біохімічному рівні фітоіндикацію доцільно проводити з метою виявлення та попередження змін стану навколишнього середовища, при яких видимих пошкоджень рослин ще не спостерігається. Використання морфологічних змін та деформацій рослин більш поширене, оскільки ці зміни видимі. На рівні виду фітоіндикацію рекомендують проводити, якщо треба дослідити дію якогось одного фактора.

Для визначення індикаційного значення виду для окремих факторів середовища розроблено екологічні шкали. На сьогоднішній день існує чимало різних шкал, які характеризують ті чи інші фактори середовища, зокрема кліматичні, едафічні та ін. Наприклад, загальновідома шкала екологічної оцінки зволоження екотопів Л.Г. Раменського, шкала Браун-Бланке, яка характеризує різні ступені поєднання рясності і вкриття, шкала оцінки екологічних умов Елленберга.

Вікторів С.В. методи індикаційних досліджень поділяє на дві групи:

1. Методи виявлення індикаторів:

- а) метод ключових ділянок;
- б) метод еталонів;
- в) метод ординації;

2. Методи використання індикаторів:

а) методи використання рослинних індикаторів при маршрутних дослідженнях;

б) методи індикаційних зйомок і укладання спеціальних карт.

Метод ключових ділянок застосовується для первинного виявлення індикаторів на заданій території, при цьому індикатами виступають природні об'єкти. Ключовою ділянкою є територія, яка представлена типовими для даної місцевості рослинними угрупованнями, рельєфом, ґрунтами та іншими компонентами середовища.

Метод еталонів – це модифікований метод ключових ділянок. Суть його полягає в тому, що ключові ділянки вибираються в тих місцях, де індикат завідомо присутній. Метод еталонів, або еталонних ділянок, застосовують для виявлення в польових умовах видів-індикаторів і рослинних угруповань-індикаторів. Вивчення еталонних ділянок дає змогу дослідити взаємозв'язки між індикаторами та визначеним об'єктом індикації.

Методи ординації застосовують для виявлення індикаторних видів та угруповань. Суть метода в розподіленні видів або угруповань у вигляді рядів вздовж осей, що відображають кількісні зміни екологічних факторів.

Існує думка, що для розвитку методів фітоіндикації необхідно поглиблення і уточнення існуючих шкал та розробка нових шкал, зокрема по відношенню видів рослин до біогенних елементів, важких металів. При цьому, варто зважати на те, що фітоіндикація на рівні популяцій може проводитись, якщо негативні зміни відбулися з такою кількістю особин, при якій значно скоротилась чисельність популяції, змінилась її статева та вікова структура, скоротилась тривалість життя.

Існує думка, що краще проводити фітоіндикаційне дослідження середовища не за одним видом, а за рослинним угрупованням в цілому. Зокрема, Л.Г. Раменський наголошував на тому, що треба використовувати не один – два домінуючих види рослин, а сукупність всіх або більшості показників, які б доповнювали та зрівноважували один одного. В.Н. Сукачов відмічав, що кожна рослина тісно пов'язана з середовищем існування і не може розглядатись окремо, а зв'язок фітоценозу з середовищем ще більш тісний. А.Д. Булохов вказує, що на відміну від окремих видів, рослинні угруповання довгий час формуються на екологічно визначеній місцевості, зв'язок з якою досить стійкий. Екологічна амплітуда рослинних угруповань значно вужча ніж у видів, що їх формують.

У системі сучасних підходів для оцінки антропогенних змін водних екосистем зручним інструментом можуть слугувати макрофіти – вищі водні рослини, що є чутливими індикаторами стану водних екосистем, оскільки виконують у них цілий ряд важливих функцій та, реагуючи із запізненням, індикують не випадкові, а стійкі зміни середовища. Основними маркерами забруднення водойм є зміни видового складу та продуктивності фітоценозів, зміна едіфікаторів, характеру заростання, морфологічних ознак та біохімічних характеристик рослини.

Оцінка екологічного стану водойм за рослинними угрупованнями, їх складом та кількістю знайшла своє відображення в методиці польських

науковців, що розробили метод оцінки екологічного стану озер за допомогою макрофітів (Makrofitowa metoda oceny jezior).

Синфітоіндикаційне дослідження проводиться на двох рівнях: фітоценотичному та синтаксономічному. Для фітоценотичного рівня використовують індикаційні групи видів, екологічні шкали, ординацію вздовж градієнтів факторів середовища, визначають види-домінанти, продуктивність, структуру і склад фітоценозів, описується флористичний склад угруповань, проективне покриття, рясність видів, частота зустрічності видів. На синтаксономічному рівні роблять оцінку середовища за типами угруповань, індикаторами є синтаксони. При проведенні синфітоіндикації на синтаксономічному рівні часто використовують флористичну класифікацію системи Браун-Бланке.

За останнє десятиліття з'явилося багато методів для проведення оцінки екологічної якості поверхневих вод за допомогою вищих судинних рослин. Зокрема, можна виділити працю М. О. Клименка та Ю. Р. Гроховської «Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами», в якій запропонована методика оцінки стану поверхневих вод за водною рослинністю. В роботі дана оцінка впливу природних факторів, таких як швидкість течії, прозорість води річок, характер донних відкладів, коливання рівня води протягом вегетаційного періоду та основних типів антропогенного забруднення водного середовища на вищу водну рослинність, зокрема, на розподіл видів ВВР вздовж градієнта забруднення води. Була проведена оцінка індикаторної інформативності видів гідрофітів, в результаті якої виділено три групи видів. Згідно розподілу, найкращі індикатори якості води (рдесник блискучий (*Potamogeton lucens*), латаття біле (*Nymphaea alba*), ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca*) та водопериця колосиста (*Myriophyllum spicatum*), види, що мають дещо нижчі індикаторні властивості – рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus*), елодея канадська (*Elodea canadensis*), глечики жовті (*Nuphar lutea*) та група з гіршими індикаторними властивостями, до якої належать рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatus*), рдесник кучерявий (*Potamogeton crispus*), кушир занурений (*Ceratophyllum demersum*). Також була складена схема послідовності операцій оцінки стану водного середовища за ВР. На основі узагальнення матеріалів дослідження вищої водної рослинності річок Прип'яті Устя, Замчисько та Іква науковцями запропоновано проводити оцінку екологічного стану водного середовища за допомогою кількісного показника - індексу фітоіндикації I_f , для розрахунку якого було запропоновано $k_{спр}$ – коефіцієнт природної сприятливості для розвитку ВВР що дає можливість порівнювати водні об'єкти або окремі їхні ділянки, які відрізняються за гідрологічними та гідрофізичними показниками, та коефіцієнт значущості індикатора z_i , визначений залежно від чутливості виду до забруднень.

У дослідженні екологічного стану річки Сіверський Донець за допомогою макрофітів Г.В. Коробкова вперше на території України застосувала методику «Macrofitowa Metoda Oceny Rzek» (MMOR). Методику розробили польські

науковці К. Szoszkiewicz, Н. Ciecierska, М. Dynowska. З 2007 р. вона застосовується в системі державного моніторингу навколишнього середовища Польщі. Автор адаптувала дану методику, розробивши «Класифікаційну таблицю для розрахунку макрофітного індексу річки (MIR) для рівнинних річок України».

Фітоіндикаційні дослідження за допомогою вищих судинних рослин проводяться в багатьох країнах. У Білорусії таку оцінку здійснюють на основі визначення біологічного індексу макрофітів згідно методики IBMR. Створено варіант класифікаційної схеми малих річок з врахуванням фітоценорізноманіття рослинності та оцінки їх екологічного стану.

У Великобританії розповсюджена система Mean Trophic Ranc (MTR), у якій представлено 128 видів макрофітів, серед яких визначальними є вищі рослини, в меншій кількості представлені мохи та водорості. Ця методика використовується також в інших європейських країнах (Польща, Іспанія, Чехія та ін.). Методика (MTR) уже багато років застосовується під час наукових досліджень. З 2008 року для проведення моніторингу макрофітів у Великобританії використовується також система River Nutrient Macrophyt Index.

У Німеччині створено та апробовано методику, що дозволяє оцінити ступінь загальної деградації річок, та не обмежується аспектом евтрофікації. За ступенем забруднення водних об'єктів виділяють 4 класи якості води. Класифікація заснована на величині забруднення поверхневих вод органічними речовинами. Правила управління водними ресурсами передбачають, що якість води має відповідати II класу класифікації водних об'єктів. Якщо показники якості поверхневих вод нижчі ніж для II класу, водоохоронна діяльність у регіоні розширюється. У 2004 р. створено System Reference Index (RI). Цей метод використовується в системі моніторингу річок для оцінки екологічного стану поверхневих вод відповідно до Водної Рамкової Директиви ЄС.

Дослідження у Франції проводяться згідно методики IBMR, в якій поєднуються два біоіндикаційні показники. Один показник показує рівень трофності середовища, другий показник визначає ступінь екологічної толерантності виду. Ця система цінується серед науковців різних європейських країн з огляду на довгий перелік показників та вагомість кожного показника.

Польська Методика макрофітної оцінки рік (Makrofitowa Metoda Oceny Rzek (MMOR) спирається на англійську методику Mean Trophic Ranc (MTR) та французьку методику Indice Biologique Macrophytique Riviere (IBMR), які протягом тривалого періоду застосовувалися для проведення наукових досліджень. Вперше вона була описана у 2006 р. Це один з перших біологічних методів, розроблених у Польщі відповідно до вимог Водної рамкової директиви для оцінки стану поверхневих вод.

Розрахункові показники за Методиками дослідження якості води країн ЄС узгоджені з показниками Водної Рамкової Директиви. В Україні дослідження такого характеру проводяться в «Українському науково-дослідному інституті екологічних проблем» та спираються на методику (MMOR).

3. Етапи проведення фітоіндикаційного дослідження екологічного стану поверхневих вод за методикою макрофітної оцінки річок (MMOR)

Методику Makrofitowa Metoda Oceny Rzek (MMOR) розробили науковці кафедри екології та охорони навколишнього середовища Природничого університету м. Познань (Польща) K. Szoszkiewicz, J. Zbierska, A. E. Lawniczak, S. Jusik, M. Szwabinska. Вперше вона була застосована для досліджень екологічного стану поверхневих вод в 2006 році, а в 2008 році за розпорядженням Міністра навколишнього середовища Польщі набула статусу офіційної державної методики оцінки річок.

Суть методики полягає у визначенні кількісних (кількість індикаторних видів водних і прибережно-водних рослин, їх проективне покриття) і якісних (індекс проективного покриття, трофічний індекс L, ваговий коефіцієнт W) показників рослин та обрахунку Макрофітного індексу річки (MIR). За допомогою вказаного індексу здійснюється оцінка екологічного стану річок у відповідності з Водною Рамковою Директивою ЄС.

Методика макрофітної оцінки річок дозволяє оцінити ступінь деградації річок, перш за все пов'язаної із забрудненням води біогенними елементами. Вибір даного методу для використання на території України пояснюється значним збігом флористичних списків досліджуваних ділянок річок з набором індикаторних видів макрофітів для розрахунку індексу MIR. Недоліком методу є неможливість проведення оцінки екологічного стану річок, в яких відсутня водна рослинність.

Методика включає декілька етапів.

1. Перший етап – підготовчий. На цьому етапі визначаються з дослідними ділянками. Ділянки слід вибирати так, щоб вони були репрезентативними для даної місцевості та знаходились в зручному доступі для дослідників. Бажана умова – не заболочена заплава, щоб був доступ до русла річки і не мулисте дно, якщо це можливо.

Тому перший етап роботи – це робота з мапами, коли оцінюються можливості виходу до річки, визначається форма землекористування, робиться оцінка розташування об'єктів, що суттєво впливають на стан води (точкові джерела забруднення, агломерації, озера та рибні ставки). Вибрана на мапі частина річки повинна бути довжиною до 1 км, щоб на місцевості можна було виділити 100-метрову, добре доступну репрезентативну ділянку.

2. Другий етап – виїзд на місце дослідження для вибору ділянки. Основним критерієм є велика кількість та різноманітність водних рослин. Кількість видів рослин вздовж течії досить нерівномірна, рясно зарослі ділянки переплітаються з ділянками менш вкритими рослинністю, а іноді і без неї. Тому треба вибрати частину русла з добре розвиненою рослинністю. Якщо річка в місці дослідження має природний характер і не є трансформованим водотоком, то є потреба у дистанції від інженерних споруд щонайменше у 100 м. Субстрат, в якому у таких місцях розвиваються рослини, дуже змінений і складається з будівельних матеріалів чи інших речовин антропогенного походження.

При виборі ділянки слід звертати увагу на її розташування щодо стоячих водойм. Оцінка річок на витoku з озер та ставків є недостатньою, оскільки пануючі там абіотичні та біологічні умови відповідають умовам стоячих вод. Ділянка для дослідження повинна бути розташована принаймні за 1 км після витoku з водойми.

Для достовірності дослідження на ділянці має бути принаймні вісім видів-індикаторів. Їх може бути менше лише якщо це переважно види-стенобіонти, тобто найбільш чутливі. Це рослини, значення показників (W) яких становить 2 або 3.

Дослідження макрофітів проводиться в період їх вегетації, найкраще з середини червня до середини вересня. В разі сумнівів, пов'язаних з малою кількістю виявлених видів або неможливістю ідентифікувати рослину через несприятливий розвиток фенотипу, дослідження можна провести в інший період.

Польові дослідження необхідно виконувати групою, що складається з мінімум двох осіб, перш за все в цілях безпеки.

Умови, що перешкоджають вивченню макрофітів:

Дощова погода. В такому випадку дослідження слід перенести на інший день.

Високий рівень води після значної кількості опадів. Дату обстеження ділянки слід відкласти на кілька днів або тижнів, поки зійде вода.

Недостатня освітленість. Дослідження не проводять у вечірній час, найкраще обирати сонячні дні.

Знищення водних рослин в результаті діяльності людини, пов'язаної з регулюванням річок, викошуванням, рекреаційними заходами і ін. Якщо зміни короткочасні, необхідно відкласти дослідження на декілька тижнів, якщо більш довготривалі – змінити ділянку.

Важкий доступ до ділянки в результаті заболочення. Необхідно обрати іншу ділянку.

Велика глибина водотоку. В такому випадку дослідження можна проводити з берега річки.

При проведенні польових досліджень слід пройти ділянку по обидва боки річки, в разі можливості і руслом річки, зигзагоподібною кривою, дотримуючись ширини водотоку.

В разі неможливості пройти руслом річки (нестійкий ґрунт, замулювання), можна здійснити дослідження з берега, використовуючи додаткове обладнання (сачки, тощо).

Якщо русло річки надто широке, або неможливо дійти з протилежного берега до води, можна проводити вивчення флори з одного берега, але з умовою проникнення в русло річки не менше ніж на 5 м від берегової лінії.

3. Третій етап проведення досліджень – на 100-метровому відрізку річки проводиться геоботанічний опис макрофітів.

Після проведення дослідження необхідно заповнити протокол, де вказується перелік видів та їх проективне покриття. Вписуються всі виявлені

види водних рослин, навіть ті, що не мають індексу, але дуже поширені. На звороті вказуються дані про середовище існування.

Для кожного виду визначається коефіцієнт проєктивного покриття (Р) за дев'ятибальною шкалою (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Коефіцієнт проєктивного покриття видів макрофітів

Коефіцієнт покриття	Відсоток площі покриття
1	< 0,1 %
2	0,1 – 1 %
3	1 – 2,5 %
4	2,5 – 5 %
5	5 – 10 %
6	10 – 25 %
7	25 – 50 %
8	50 – 75 %
9	75 – 100 %

На наступному етапі проводиться визначення макрофітного індексу річок (Macrophyte Index of River) та оцінка екологічного стану води.

4. Розрахунок макрофітного індексу MIR

Макрофітна методика оцінки річок заснована на використанні властивостей макрофітів, наявність яких дозволяє розрахувати Макрофітний індекс річки (MIR), який вказує на ступінь деградації річки. Певним видам водних рослин присвоюються два індексні номери. Перша цифра значення індексу – L, вказує на середній трофічний рівень середовища, в якому знаходиться вид. Індекс L коливається від 1 (для розвинених евтрофних процесів) до 10 (для оліготрофних вод). Друга цифра показника – ваговий коефіцієнт W. Це показник екологічної толерантності видів (від стено- до евритопних). Ваговий коефіцієнт W має значення від 1 для евритопних видів до 3 для стено-топних видів. Для розрахунку Макрофітного індексу можна використати 153 види макрофітів. Повний перелік біоіндикаторів подано в таблиці 4.1 (за Г. Коробковою, 2018).

Таблиця 4.1

Індикативні види макрофітів, які можуть бути використані для розрахунку MIR в Україні

Види	MIR			MIR			MIR	
	L	W		L	W		L	W
Водорості			<i>Menyanthes trifoliata</i>	9	3	<i>Carex vesicaria</i>	6	2
<i>Batrachospermum sp.</i>	6	2	<i>Myosotis palustris</i>	4	1	<i>Catabrosa aquatica</i>	5	1
<i>Chara sp.</i>	6	2	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	8	1	<i>Eleocharis palustris</i>	6	2
<i>Cladophora sp.</i>	1	2	<i>Myriophyllum spicatum</i>	3	2	<i>Elodea canadensis</i>	5	2
<i>Enteromorpha sp.</i>	1	2	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	5	2	<i>Glyceria fluitans</i>	5	2
<i>Hydrurus sp.</i>	9	2	<i>Nasturtium officinale</i>	5	2	<i>Glyceria maxima</i>	3	1
<i>Lyngbya sp.</i>	6	2	<i>Nuphar lutea</i>	4	2	<i>Glyceria plicata</i>	5	1
<i>Mougeotia sp.</i>	3	1	<i>Nymphaea alba</i>	6	2	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	6	2
<i>Oedogonium sp.</i>	2	1	<i>Oenanthe aquatica</i>	5	1	<i>Iris pseudacorus</i>	6	2
<i>Phormidium sp.</i>	7	2	<i>Peucedanum palustre</i>	5	2	<i>Juncus bulbosus</i>	10	1
<i>Rhizoclonium sh.</i>	1	1	<i>Polygonum amphibium</i>	4	1	<i>Lemna gibba</i>	1	3
<i>Spirogyra sp.</i>	4	1	<i>Polygonum hydropiper</i>	3	1	<i>Lemna minor</i>	2	2

<i>Stigeoclonium sp.</i>	1	1	<i>Polygonum persicaria</i>	2	2	<i>Lemna trisulca</i>	4	2
<i>Ulothrix sp.</i>	4	1	<i>Potentilla palustris</i>	9	1	<i>Phalaris arundinacea</i>	2	1
<i>Vaucheria sp.</i>	2	1	<i>Ranunculus aquatilis</i>	5	3	<i>Potamogeton acutifolius</i>	6	1
Печіночні мохи			<i>Ranunculus flammula</i>	7	2	<i>Potamogeton alpinus</i>	7	2
<i>Riccia fluitans</i>	5	1	<i>Ranunculus circinatus</i>	5	2	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	5	2
Мохи			<i>Ranunculus fluitans</i>	7	2	<i>Potamogeton compressus</i>	4	2
<i>Brachythecium mildeanum</i>	3	2	<i>Ranunculus lingua</i>	8	2	<i>Potamogeton crispus</i>	4	2
<i>Brachythecium rivulare</i>	8	2	<i>Ranunculus sceleratus</i>	2	1	<i>Potamogeton friesii</i>	3	2
<i>Calliergonella cuspidata</i>	8	2	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	6	2	<i>Potamogeton gramineus</i>	7	1
<i>Cratoneuron sp.</i>	8	2	<i>Rorippa amphibia</i>	3	1	<i>Potamogeton lucens</i>	4	3
<i>Fontinalis antipyretica</i>	6	2	<i>Rumex hydrolapathum</i>	4	1	<i>Potamogeton natans</i>	4	1
<i>Hygroamblystegium sp.</i>	5	2	<i>Scrophularia umbrosa</i>	4	1	<i>Potamogeton nodosus</i>	3	2
<i>Hygrohypnum sp.</i>	9	2	<i>Sium latifolium</i>	7	1	<i>Potamogeton obtusifolius</i>	5	2
<i>Leptodictyum riparium</i>	1	1	<i>Stachys palustris</i>	2	1	<i>Potamogeton pectinatus</i>	1	1
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	5	1	<i>Utricularia vulgaris</i>	5	1	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	4	2
<i>Sphagnum sp.</i>	10	2	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	4	2	<i>Potamogeton praelongus</i>	6	3
Папороті			<i>Veronica beccabunga</i>	4	1	<i>Potamogeton pusillus</i>	4	2
<i>Equisetum fluviatile</i>	6	2	<i>Veronica catenata</i>	5	1	<i>Potamogeton trichoides</i>	2	2
<i>Equisetum palustre</i>	5	2	<i>Veronica scutellata</i>	7	1	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	4	2
<i>Thelypteris palustris</i>	6	1	<i>Viola palustris</i>	9	1	<i>Scirpus lacustris</i>	4	2
Дводольні			Однодольні			<i>Scirpus maritimus</i>	3	1

<i>Berula erecta</i>	4	2	<i>Acorus calamus</i>	2	3	<i>Scirpus sylvaticus</i>	5	2
<i>Callitriche cophocarpa</i>	5	2	<i>Alisma lanceolatum</i>	4	2	<i>Sparganium angustifolium</i>	9	1
<i>Callitriche hamulata</i>	9	3	<i>Alopecurus geniculatus</i>	4	1	<i>Sparganium emersum</i>	4	2
<i>Caltha palustris</i>	6	1	<i>Alisma plantago-aquatika</i>	4	2	<i>Sparganium erectum</i>	3	1
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	3	<i>Butomus umbellatus</i>	5	2	<i>Sparganium minimum</i>	7	1
<i>Ceratophyllum submersum</i>	2	3	<i>Calla palustris</i>	6	2	<i>Spirodela polyrrhiza</i>	2	2
<i>Cicuta virosa</i>	6	2	<i>Carex acuta</i>	5	1	<i>Stratiotes aloides</i>	6	2
<i>Hippuris vulgaris</i>	4	1	<i>Carex acutiformis</i>	4	1	<i>Tupha latifolia</i>	2	2
<i>Hottonia palustris</i>	6	2	<i>Carex paniculata</i>	5	1	<i>Typha angustifolia</i>	3	2
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	5	1	<i>Carex riparia</i>	4	2	<i>Wolffia arhiza</i>	3	1
<i>Lysimachia vulgaris</i>	4	1	<i>Carex rostrata</i>	6	3	<i>Zannichellia palustris</i>	2	1
<i>Mentha aquatica</i>	5	1	<i>Phragmites australis</i>					

4. Розрахунок макрофітного індексу MIR проводиться на основі даних польових досліджень. Цей числовий показник розраховується за формулою:

$$MIR = \frac{\sum(Li \times Wi \times Pi)}{\sum(Wi \times Pi)} \times 10, \text{ де:}$$

MIR – макрофітний індекс річки;

Li – номер значення індексу для виявленого виду (i)

Wi – ваговий коефіцієнт виду (i);

Pi – коефіцієнт проєктивного покриття виду (i) за 9-бальною шкалою.

Індекс MIR може приймати значення від 10 (найгірші значення) до 100 (найкращі). У разі рівнинних річок найвищі значення MIR не перевищують 60.

Для річок різних типів виділено різні види-індикатори, індикативні види для низинних річок вказані на бланку дослідження в додатку А.

5. Оцінка екологічного стану.

Водною рамковою директивою введено систему оцінки води, що складається з п'яти класів екологічного стану поверхневих вод, які відповідають статусу: відмінний, хороший, задовільний, поганий, дуже поганий. Обчислені значення індексу MIR відносяться до певного класу, що відповідає системі оцінки води, введеної Водною рамковою директивою. Класифікація досліджуваної ділянки річки зводиться до узгодження обчисленого значення

індексу MIR з відповідним діапазоном граничних значень, присвоєних відповідному типу річки.

Відповідність значення індексу MIR класам екологічного стану поверхневих вод вказана в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Значення макрофітного індексу MIR для різних типів рівнинних річок

Типізація річок за фітоценотичним складом макрофітів (для рівнинних річок, ≤ 200 м над рівнем моря)		Екологічний стан (клас)				
		Відмінний (I)	Добрий (II)	Задовільний (III)	Поганий (IV)	Дуже поганий (V)
M-VI	Піщані річки	$\geq 46,8$	(46,8-36,6)	(36,6-24,6)	(26,4-16,1)	$\leq 16,1$
M-VII	Кам'янисто-гравієві річки	$\geq 47,1$	(47,1-36,8)	(36,8-26,5)	(26,5-16,2)	$\leq 16,2$
M-VIII	Органічні річки	$\geq 44,5$	(44,5-35,0)	(35,0-25,4)	(25,4-15,8)	$\leq 15,8$
M-IX	Великі річки низовин	$\geq 44,7$	(44,7-36,5)	(36,5-28,2)	(28,2-20,0)	$\leq 20,0$

Кількість видів-індикаторів від 11 до 15 вважається досить великою для проведення дослідження, а при кількості менше 8, якщо це не занурені види водних рослин з ваговим коефіцієнтом W_i , що дорівнює 3, рекомендовано застосовувати інші біоіндикаційні методики.

5. Приклади реалізації методики

5.1. Досліджувалась р. Турія, що належить до басейну р. Прип'ять і є її правою притокою першого порядку. Розташування тестових ділянок вказане в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Тестові ділянки фітоіндикаційних досліджень р. Турія

№ діл.	Адміністративне місцезнаходження тестової ділянки	Відстань від гирла річки, км	Обґрунтування репрезентативності
1	с. Затурці (верхня течія)	176,90	витік річки.
2	м. Ковель, 500 м вище КОС «Ковельводоканалу»	79,29	вплив сільськогосподарської освоєності басейну, середня частина русла річки.
3	с. Бахів, 500 м нижче випуску КОС «Ковельводоканалу»	78,29	вплив скиду стічних вод КОС «Ковельводоканалу», середня частина русла річки.
4	с. Бузаки	20,26	ділянка річки поблизу гирлової частини русла.

В результаті польових досліджень було виявлено, що сучасний стан флори річки Турія нараховує 56 видів водних та прибережно-водних рослин, які належать до 3 відділів (Equisetophyta, Polipodiophyta та Magnoliophyta), 24 родин і 36 родів. Згідно аналізу флористичного складу вищих водних і прибережно-водних рослин річки Турія, було виявлено, що з 56 наявних видів 42 мають індикативне значення. Серед них такі види, як *Potamogeton crispus*, *Sparganium erectum*, *Rorippa amphibia*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna gibba* та інші.

Під час проведення досліджень на ділянці № 1 с. Затурці, було виявлено 24 види макрофітів – індикаторів екологічного стану. Серед них переважають прибережно-водні рослини, водних рослин 11 видів (45,83% від загальної кількості). Найбільше проективне покриття мали види *Potamogeton crispus* (10%), *Glyceria maxima* (5%), *Persicaria amphibia* (4%), *Sparganium erectum* (4%).

На ділянці № 2 м. Ковель (міст), було виявлено 23 види-індикатори екологічного стану, прибережно-водних рослини менше, переважають водні рослини, їх виявлено 13 видів (56,52%). Найбільше проективне покриття мали види *Salvinia natans* (98%) та *Nuphar lutea* (10%).

У межах ділянки № 3 с. Бахів (500 м після випусків очисних споруд) середня течія р. Турія, було виявлено 26 види макрофітів – індикаторів екологічного стану. Серед них теж менше прибережно-водних видів, переважають водні рослини, 17 видів (65,38% від загальної кількості). Найбільше проективне покриття мали види *Acorus calamus* (50%), *Phragmites australis* (20%).

У пункті № 4 с. Бузаки (гирло), де було виявлено 21 вид макрофітів – індикаторів екологічного стану, теж переважають водні рослини, їх 15 видів

(71,43% від загальної кількості). Найбільше проєктивне покриття мали види *Acorus calamus* (20%), *Scirpus lacustris* (20%).

Результати розрахунків індексу MIR усереднювали за даними 2018-2019 рр., на підставі чого проводили оцінку екологічного стану поверхневих вод згідно методики ММОР (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Турія за MIR

№	Ділянка річки	MIR*	Клас (категорія)	Назва категорії	Трофічний статус
1	с. Затурці (верхня течія)	$\frac{32,4}{33,3}$ 32,9	III	задовільний	евтрофний
2	м. Ковель, 500 м вище КОС «Ковельводока налу»	$\frac{39,8}{40,65}$ 40,2	II	добрий	мезотрофний
3	с. Бахів, 500 м нижче випуску КОС «Ковельводока налу»	$\frac{33,9}{33,4}$ 33,7	III	задовільний	евтрофний
4	с. Бузаки (нижня течія)	$\frac{32,65}{33,55}$ 33,1	III	задовільний	евтрофний

*Примітка: тут і далі, в чисельнику – значення за роками спостережень (2018 / 2019), у знаменнику – усереднені дані

Так, якість води у річці Турія на ділянках №№ 1, 3 та 4 відносилась до III класу, категорії – задовільна, з трофічним статусом – евтрофний. На ділянці № 2 якість поверхневих вод р. Турія відносилась до II класу категорії – добра, з трофічним статусом – мезотрофний.

5.2. Досліджувалась р. Вижівка, що належить до басейну р. Прип'ять і є її правою притокою першого порядку. Розташування тестових ділянок вказане в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Тестові ділянки фітоіндикаційних досліджень р. Вижівка

№ діл.	Адміністративне місцезнаходження тестової ділянки	Відстань від гирла річки, км	Обґрунтування репрезентативності
1	Поблизу витоку, с. Хворостів – с. Руда	70,18	витік річки.
2	с.мт Стара Вижівка, (середня течія)	34,58	вплив сільськогосподарської освоєності басейну, середня частина русла річки.
3	Поблизу с.мт Ратне, за перетином траси Ковель-	6,45	ділянка річки поблизу гирлової частини русла.

Ратне		
-------	--	--

За результатами проведеного аналізу флористичного складу вищих водних і прибережно-водних рослин р. Вижівка, було виявлено, що її флора нараховує 36 видів вищих водних та прибережно-водних рослин, які належать до 31 роду, 20 родин, 14 порядків, 3 класів (*Equisetopsida*, *Liliopsida* та *Magnoliopsida*) та 2 відділів (*Equisetophyta* та *Magnoliophyta*). З 36 наявних видів 29 мають індикативне значення.

Під час проведення досліджень на ділянці № 1 поблизу с. Хворостів, всього було виявлено 23 види макрофітів, з них 17 – індикатори екологічного стану. Серед індикативних видів водних рослин 10 найменувань (58,82% від загальної кількості). Найбільше проєктивне покриття мали види: *Nuphar lutea* (30%), *Sagittaria sagittifolia* (10%) та *Elodea canadensis* (10%).

На ділянці № 2, смт Стара Вижівка, всього було виявлено 22 види макрофітів, з яких 21 – індикатори екологічного стану. У видовому складі рослин переважали водні рослини, їх виявлено 12 видів (57,14%) відповідно, прибережно-водних рослин виявлено менше. Найбільше проєктивне покриття мали такі види, як *Nuphar lutea* (10%) та *Sagittaria sagittifolia* (10%). В невеликій частині ділянки значне покриття (до 50%) створював *Stratiotes aloides*.

На ділянці № 3, поблизу смт Ратне, всього було виявлено 19 видів макрофітів, серед яких 18 – індикатори екологічного стану поверхневих вод. У видовому складі більшість (14 видів (77,78%)) водних рослин. Найбільше проєктивне покриття мали види *Nuphar lutea* (10%) та *Sagittaria sagittifolia* (5%).

Результати розрахунків індексу MIR усереднювали за даними 2018-2019 рр., на підставі чого проводили оцінку екологічного стану поверхневих вод згідно методики ММОР (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Вижівка за MIR

№	Ділянка річки	MIR*	Клас (категорія)	Назва категорії	Трофічний статус
1	Поблизу витоку, с. Хворостів – с. Руда	$\frac{39,9}{36,0}$ 37,9	II	добрий	мезотрофний
2	смт Стара Вижівка (середня течія)	$\frac{38,9}{40,9}$ 39,6	II	добрий	мезотрофний
3	Поблизу смт Ратне за перетином траси Ковель-Ратне	$\frac{37,7}{37,7}$ 37,7	II	добрий	мезотрофний

Так, якість води у річці Вижівка на всіх тестових ділянках відносилась до II класу категорії – добра, з трофічним статусом – мезотрофний, що свідчило про сприятливі екологічні умови для розвитку вищих водних рослин за всією течією.

Заклучення

Моніторинг та індикація якості навколишнього середовища з використанням місцевих видів організмів за останні десятиліття помітно вдосконалились та набули офіційного визнання. У багатьох країнах світу до державної системи екологічного моніторингу поверхневих вод включені фітоіндикаційні дослідження. Даний підхід передбачено і в ратифікованій Україною Водній рамковій директиві ЄС.

Перспективи використання методів фітоіндикації доведено в чисельних наукових публікаціях, присвячених визначенню ступеня впливу антропогенних факторів на формування стану річкових екосистем, оцінки їх трофічних характеристик та прогнозуванню змін якості води. Особливості окремих річкових басейнів та відсутність систематичних комплексних спостережень за станом поверхневих вод у нашій країні, потребує уважного ставлення до адаптації європейських підходів при моніторингу екологічного стану річок.

Методика макрофітної оцінки річок (MMOR) дозволяє оцінити ступінь деградації річок, перш за все пов'язаної із забрудненням води біогенними елементами. Вибір даного методу для використання на території України виправданий значним збігом флористичних списків досліджуваних ділянок річок з набором індикативних видів макрофітів для розрахунку індексу MIR. Недоліком методу є неможливість проведення оцінки екологічного стану річок, в яких відсутня водна рослинність.

Вищевказана методика може успішно застосовуватись для екологічної оцінки якості води річок верхів'я р. Прип'ять.

Шановні друзі! Якщо Вас зацікавила представлена методика, є бажання провести фітоіндикаційні дослідження і виникли питання – ми з радістю допоможемо.

Оксана Цьось Oksana.Tsos@vnu.edu.ua

Оксана Музиченко Muzychenko.Oksana@vnu.edu.ua

Марія Боярин Boyaryn.Maria@vnu.edu.ua

Література

1. Ольхович О.П. Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг: навч. посіб. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 64 с.
2. Доброчаева Д.Н., Котов М.И., Прокудин Ю.Н. и др. Определитель высших растений Украины. Киев: Наукова думка, 1987. 548 с.
3. Винберг Г.Г., Алимов А.Ф., Балущкина Е.В., Никулина В.Н, Финогенова Н.П. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод: монография. Ленинград: Знание, 1977. С. 124–132.
4. Чорна Г.А. Флора водойм і боліт Лісостеп України. Судинні рослини; за ред. Д. В. Дубини. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 184 с.
5. Папченков В.Г. О классификации растений водоемов и водотоков Материалы Школы по гидробиологии «Гидробиология: методология, методы» (8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск, 2003. С. 23–26.
6. Папченков В.Г., Бобров А.А., Щербаков А.В., Лисицына Л.И. Гидробиология: методология, методы. Матер. Школы по гидробиологии (Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2003. 188 с.
7. Серебряков И.Г. Основные направления эволюции жизненных форм у покрытосеменных растений. Бюлл. МОИП, отд. биол. Т. 60, Вып. 3, 1955. С. 71-91.
8. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. Москва: Высшая школа, 1962. 378с.
9. Лановенко О.Г., Остапівшина О.О. Життєва форма. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. С. 86.
10. Миркин Б.М., Карпов Д.Н., Максимова О.А. Оценка среды по растительности с использованием групповых индексов. Ботанический журнал. 1976. Т. 61, № 12. С. 1709–1719.
11. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. АН України. Ін-т ботаніки імені М.Г. Холодного. Київ: Наукова думка, 1994. 280 с.
12. Raunkiaer C. Plant life forms / trans. H. Gilbert-Carter. Oxford: Clarendon press, 1934. 104 p.
13. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Ленинград: Наука, 1981. 185 с.
14. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Проців Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Бережани, 2010. 32 с.
15. Кокин К.А. Экология высших водных растений: науч. пособ. Москва: Знание, 1982. 160 с.
16. Екофлора України. Я.П. Дідух, П.Г. Плюта, В.В. Протопопова; за ред. Я.П. Дідух. Т.1. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 284 с.
17. Екофлора України. Я.П. Дідух, Р.І. Бурда, С.М. Зиман; за ред. Я.П. Дідух. Т. 2. Київ: Фітосоціоцентр, 2004. 480 с.
18. Екофлора України. М.М. Федорончук, Я.П. Дідух та ін.; за ред. Я.П. Дідух. Т.3. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. 496 с.
19. Екофлора України. А.П. Ільїнська, Я.П. Дідух, Р.І. Бурда, І.А. Коротченко; за ред. Я.П. Дідух. Т. 5. Київ: Фітосоціоцентр, 2007. 584 с.

20. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. Д.В. Дубина, С. Гейны, З. Гроудова, С.М. Стойко и др. Киев: Наукова думка, 1993. 433 с.
21. Дубина Д.В. Рослини наших водойм (атлас-довідник). Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 134 с.
22. The International Plant Names Index, 2021 URL: <https://www.ipni.org/>
23. Szoszkiewicz K., Jusik S., Pietruczuk K., Gebler D. The Macrophyte Index for Rivers (MIR) as an Advantageous Approach to Running Water Assessment in Local Geographical Conditions. *Water*. 2020. 12. P. 108.
24. Ciecierska H., Dynowska M. Biologiczne metody oceny stanu srodowiska. Tom 2. Ekosystemy wodne. Podrecznik metodyczny. Olsztyn. 2013. 312 P.
25. Szoszkiewicz K., Jusik S., Lewin I., Czerniawska-Kusza I., Kupiec J. M., Szostak M. Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain river of two European ecoregion. *Hydrobiologia*, 2018. 805. P. 327-342.
26. Haury J., Peltre M-C., Tremolieres M., Barde J., Thiebaut G., Bernez I., Daniel H., Chatenet P., Naan-Archipof G., Muller S., et al. A new method to assess water trophy and organic pollution – The Macrophytes Biological Index for Rivers (IBMR): Its application to different types of river and position. *Hydrobiologia*, 2006. 570. P. 153-158.
27. Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005. 194 с.
28. Крайнюков О.М., Некос А.Н. Моніторинг довкілля (Моніторинг нафтогазоносних територій). Харків: Фоліо, 2015. 191 с.
29. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей: справ. издание. Москва: Финансы и статистика, 1985. 487 с.
30. Левич А.П. Максимов В.Н., Булгаков Н.Г. Методика применения детерминационного анализа данных мониторинга для целей экологического контроля природной среды. *Успехи соврем. биол.* 2001. Т.121, №2. С. 131–139.
31. Паламарчук М. М., Закорчевна Н. Б. Водоресурсні, водогосподарські та гідроекологічні фактори національної безпеки. Екологія і ресурси. Київ: ЗАТ «Ей-Бі-Сі», 2001. С. 39–51.
32. Szoszkiewicz K., Jusik S., Lewin I., Czerniawska-Kusza I., Kupiec J. M., Szostak M. Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain river of two European ecoregion. *Hydrobiologia*, 2018. 805. P. 327-342.
33. Haury J., Peltre M-C., Tremolieres M., Barde J., Thiebaut G., Bernez I., Daniel H., Chatenet P., Naan-Archipof G., Muller S., et al. A new method to assess water trophy and organic pollution – The Macrophytes Biological Index for Rivers (IBMR): Its application to different types of river and position. *Hydrobiologia*, 2006. 570. P. 153-158.
34. Коробкова Г. В. Екологічне нормування якості поверхневих вод на прикладі басейну річки Сіверський Донець (в межах Харківської області): автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.11. Харків, 2018. 22 с.

Макрофітна методика оцінки річок (рівнинні річки)

Район, населений

пункт _____

Річка _____

Місцезнаходження _____

Дата _____

Вид	Покриття	Вид	Покриття	Вид	Покриття
<i>Cladophora sp.</i>		<i>Mentha aquatica</i>		<i>Bidens frondosa</i>	
<i>Enteromorpha sp.</i>		<i>Myosotis palustris</i>		<i>Bidens tripartita</i>	
<i>Ulothrix sp.</i>		<i>Myriophyllum spicatum</i>		<i>Butomus umbellatus</i>	
Мохи		<i>Nasturtium officinale</i>		<i>Callitriche sp.</i>	
<i>Brachythecium rivulare</i>		<i>Nuphar lutea</i>		<i>Caltha palustris</i>	
<i>Cratoneuron sp</i>		<i>Sagittaria sagittifolia</i>		<i>Calystegia sepium</i>	
<i>Fontinalis antipyretica</i>		<i>Scirpus lacustris</i>		<i>Cardamine amara</i>	
<i>Hygroamblystegium sp</i>		<i>Scirpus sylvaticus</i>		<i>Carex acuta</i>	
<i>Leptodictyum riparium</i>		<i>Scrophularia umbrosa</i>		<i>Carex acutiformis</i>	
<i>Platyhypnidium riparioides</i>		<i>Sium latifolium</i>		<i>Carex paniculata</i>	
Панопомі, Хвоці		<i>Sparganium emersum</i>		<i>Carex riparia</i>	
<i>Equisetum fluviatile</i>		<i>Sparganium erectum</i>		<i>Carex rostrata</i>	
<i>Equisetum palustre</i>		<i>Spirodela polyrrhiza</i>		<i>Carex vesicaria</i>	
Квіткові		<i>Stratiotes aloides</i>		<i>Ceratophyllum demersum</i>	
<i>Eleocharis palustris</i>		<i>Tupha latifolia</i>		<i>Ceratophyllum submersum</i>	
<i>Elodea canadensis</i>		<i>Typha angustifolia</i>		<i>Cicuta virosa</i>	
<i>Glyceria fluitans</i>		<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		<i>Oenanthe aquatica</i>	
<i>Glyceria maxima</i>		<i>Veronica beccabunga</i>		<i>Peucedanum palustre</i>	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>		<i>Acorus calamus</i>		<i>Phalaris arundinacea</i>	
<i>Iris pseudacorus</i>		<i>Agrostis stolonifera</i>		<i>Polygonum amphibium</i>	
<i>Lemna gibba</i>		<i>Alisma plantago-aquatika</i>		<i>Polygonum hydropiper</i>	

<i>Lemna minor</i>		<i>Alopecurus geniculatus</i>		<i>Polygonum persicaria</i>	
<i>Lemna trisulca</i>		<i>Berula erecta</i>		<i>Potamogeton alpinus</i>	
<i>Lysimachia vulgaris</i>		<i>Bidens cernua</i>		<i>Potamogeton crispus</i>	
<i>Ranunculus circinatus</i>		<i>Ranunculus lingua</i>		<i>Potamogeton lucens</i>	
<i>Ranunculus fluitans</i>		<i>Ranunculus sceleratus</i>		<i>Potamogeton natans</i>	
<i>Ranunculus trichophyllus</i>		<i>Potamogeton nodosus</i>			
<i>Rorippa amphibia</i>		<i>Potamogeton pectinatus</i>			
<i>Rumex hydrolapathum</i>		<i>Potamogeton perfoliatus</i>			

Коефіцієнт покриття	Відсоток площі покриття
1	< 0,1 %
2	0,1 – 1 %
3	1 – 2,5 %
4	2,5 – 5 %
5	5 – 10 %
6	10 – 25 %
7	25 – 50 %
8	50 – 75 %
9	75 – 100 %

Навчально-методичне видання

**Цьось Оксана
Музиченко Оксана
Боярин Марія**

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ПРИТОК ВЕРХІВЯ РІЧКИ ПРИПЯТЬ
ЗА МАКРОФІТАМИ**

Друкується в авторській редакції

Формат 60×84¹/16. Обсяг 1,39 ум. друк. арк., 1,28 обл.-вид. арк.
Наклад 50 пр. Зам.7. Видавець і виготовлювач – Вежа Друк
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65).
Свідоцтво Держ. Комітету телебачення та радіомовлення України
ДК №4607 від 30.08.2013 р.