

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ М. ВІННИЦІ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКІВ БІОІНДИКАЦІЇ ПО ФІТОПЛАНКТОНУ

За допомогою розробленого автоматизованого методу контролю проаналізовано сезонні зміни концентрації частинок фітопланктону, що дозволило визначити інтегральний рівень забруднення та врахувати комплексний вплив антропогенних факторів на екологічний стан водойм.

Вступ

Забруднення водних об'єктів полягає у внесенні речовини або енергії, що призводить до зміни функціонування водних екосистем, а також продуктивності та чисельності їх біологічних популяцій. У водні об'єкти, можуть надходити і накопичуватись як стійкі забруднюючі речовини, які практично не руйнуються у природних умовах (наприклад, ДДТ), так і речовини, що мають природні механізми засвоєння (нітрати, нітрити, фосфати) в кількостях, що порушують баланс водних екосистем та їх здатність до саморегуляції. Загалом, у водні об'єкти потрапляють тисячі шкідливих речовин, що суттєво ускладнює контроль їх екологічного стану. Оцінка стану природних водних об'єктів з використанням гранично допустимої концентрації є невиправданою, оскільки оцінити комплексний вплив багатьох хімічних забрудників на складну багатовидову екосистему, визначивши їх концентрації, неможливо. Для вирішення цієї проблеми використовують методи біоіндикації водних об'єктів, що дозволяють інтегрально оцінити їх забруднення широким класом хімічних речовин, а також вплив інших антропогенних факторів. Основний принцип гідробіологічного тестування водних об'єктів полягає у порівнянні виживання певних організмів у чистій та забрудненій воді. У добре збалансованій екосистемі є велика кількість видів організмів, причому жоден з них не домінує. Зі зростанням забруднення екосистема спрощується, тобто залишаються тільки стійкі до забруднення види. У цій роботі вибрано у якості тест-організмів фітопланктон, що дозволяє аналізувати клас якості води, сапробність та трофічний рівень для широкого діапазону категорій поверхневих вод від чистих до дуже брудних, а також оцінювати рівень їх токсичності.

Методи дослідження

Відбір зразків фітопланктону проводився у водних об'єктах м. Вінниці з використанням батометра, а також з використанням фільтраційного та відстійного методів за допомогою сітки Апштейна і мембранних фільтрів з діаметром пор 2 мкм [1]. Особливості збору та опрацювання матеріалу відповідали загальноприйнятим підходам вивчення фітопланктону. Зразки відбирались у різних місцях водного об'єкту на різних глибинах за допомогою батометра для дослідження поля таких його гідробіологічних параметрів, як концентрацій фітопланктону різних видів. Крім того, для кожної із областей водного об'єкту досліджувалась інтегральна проба, що збиралась у ємності об'ємом 20...30 л та перемішувалась. Дослідження зразків фітопланктону здійснювалось *in vitro*, як в живому, так і фіксованому стані (розчин Люголя (0,5 мл/200 мл) або 16 % розчин формаліну (2 мл/200 мл)) [2]. Зразки захищались від дії прямого сонячного світла та зберігались при сталій температурі.

Аналіз результатів

Аналіз зразків фітопланктону показав, що видове різноманіття альгофлори водойм м. Вінниці представлено 248 видами. Провідною групою альгофлори є зелені водорості, які представлені 116 видами. Високим різноманіттям характеризуються також діатомові, евгленові та синьо-зелені водорості. Проведений аналіз показав, що у зразках фітопланктону взятих з річки вище міста за течією видове різноманіття значно вище ніж на ділянці річки в центральній частині міста, що є доказом вагомого антропогенного впливу на екологічний стан річкової екосистеми. Виявлені види водоростей-індикаторів якості води [3], які засвідчують належність досліджених водойм в переважній більшості до бета-мезосапробного типу. Факторами деградації біорізноманіття виступає антропогенне евтрофування, яке зумовлене забрудненням водойм стічними водами різного типу, а також надмірне заростання стоячих водойм і масовий розвиток синьо-зелених водоростей, які викликають «цвітіння» води (*Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii* та *Aphanizomenon flos-aquae*). Відмінності між спектральними характеристиками поглинання пігментів різних груп водоростей, а також різний характер залежностей впливу температури на питому швидкість розмноження фітопланктону (рис. 1) зумовлює сезонні коливання розвитку чисельності різних груп водоростей (рис. 2).

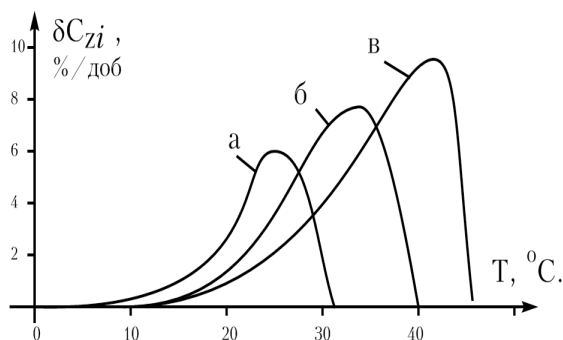


Рис. 1. Залежність впливу температури на питому швидкість розмноження фітопланктону різних відділів: а — діатомові; б — зелені; в — синьо-зелені

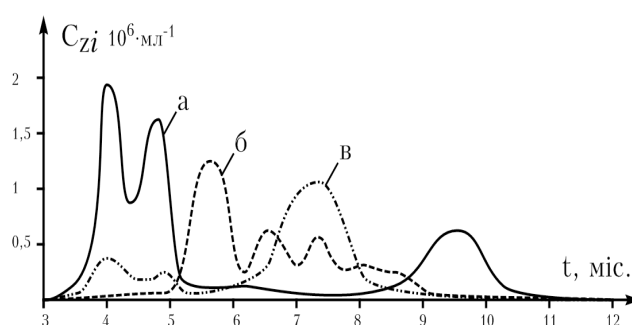


Рис. 2. Сезонні зміни співвідношень між різними групами фітопланктону а — діатомові; б — зелені; в — синьо-зелені водорості

На основі результатів досліджень виявленні сезонні коливання зміни співвідношень між різними групами фітопланктону досліджених водойм, що зумовлені природними факторами — змінами температури, сонячної освітленості, концентрацією та хімічним складом речовин, що потрапляють у водойми з опадами та стоками (рис. 2). Весною та восени домінують розвиток діатомових водоростей, на початку літа проходить хвиля розвитку зелених водоростей, а другій половині літа — синьо-зелених. Остання призводить, зокрема, до явища цвітіння води та створення токсичних речовин при відмиранні таких водоростей.

В зв'язку з цим, доцільно використати індекси біоіндикації для оцінки антропогенного впливу. Ступінь індикаторності видів встановлюється з використанням зведених таблиць та атласів сапробних організмів і монографічних опрацювань конкретної групи фітогідробіонтів чи таксономічної групи взагалі.

Оцінку якості води на основі результатів біоіндикації по фітопланктону проведемо таким методом. Індекс забруднення навколишнього середовища розроблений на основі методу Зелінки-Марвана реалізується таким чином [7]:

$$S_{EPI} = \frac{\sum_{i=1}^N s_i C_{zi} J_i}{\sum_{i=1}^N C_{zi} J_i},$$

де N — число видів фітопланктону, що є біоіндикаторами; C_{zi} — концентрації частинок фітопланктону i -го виду; s_i ; J_i — сапробна валентність та індикаторна вага i -го виду взяті з довідникових таблиць для видів-біоіндикаторів [2, 7, 8].

Індекс забруднення залежить від класу та категорії якості вод, а також від рівня сапробності [7]. Оцінка якості води на основі індексів біоіндикації була отримана на рівні $S_{EPI} = 2, 6 \dots 3, 3$ для зразків фітопланктону взятих на різних ділянках, що дозволяє оцінити клас якості води — III та IV, категорії якості води — «помірно забруднені» та «брудні», рівень сапробності — β -мезасапробний та α -меза-сапробний, рівень галобності — олігогалобно-індиферентний та олігогалобно-галофільний, трофічний рівень — мезатрофний та евтрофний. Порівняння результатів оцінки якості води по індексам біоіндикації та результатам хімічних аналізів (рівень нітритів, ортофосфатів, неорганічного фосфору) показав високу достовірність результатів контролю. Однак оцінка на основі індексів біоіндикації є адекватнішою для оцінки комплексного антропогенного впливу на екосистему.

Окрім використаного індексу забруднення на основі універсального методу Зелінки–Марвана, існує значний набір біотичних індексів [5] орієнтованих на конкретні види тестових організмів та запропоновані у різних країнах світу для оцінки екологічного стану конкретних водних об'єктів. Зіставляючи результати, отримані з використанням різних біотичних індексів, можна виявити розбіжності у оцінці екологічного стану, що викликано різною чутливістю вибраних біоіндикаторів до конкретних видів забруднення.

Методика оцінки рівня токсичності за допомогою біоіндикації по фітопланктону полягає у визначенні зміни концентрації частинок водоростей під дією токсичних речовин, що містяться у тестованій воді у порівнянні з контролем. Короткочасне біотестування — 96 годин — дозволяє визначати наявність гострої токсичної дії тестованої води на водорості, а тривале — 14 діб — наявність хронічної токсичної дії. У якості тест-об'єкта використовується культура водоростей *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb. або *Chlorella vulgaris* Beijer [4, 9]. Водорості вирощують на штучному живильному середовищі Успенського № 1 у стерильній колбі з цілодобовим освітленням лампами денного світла, розміщеними на відстані 30...40 см від поверхні культури, освітленість 2000...3000 лк. Культуру періодично перемішують струшуючи 1—2 рази на добу. Оптимальна температура для вирощування водоростей 18...20 °С. Для проведення дослідження рівня токсичності використовують 5—7 добову культуру водоростей фільтровану через мембранний фільтр № 4. Підготовлені водорості переносять до колби з 30...50 мл води, концентрація фітопланктону складає $(5 \dots 10) \cdot 10^6$ мл⁻¹. Далі готують дві колби з 100 мл контрольної та тестованої води, у які додають по 0,5 мл підготовленої культури водоростей, а також по 0,1 мл живильного сольового розчину мікроелементів. Контролюють початкову концентрацію фітопланктону, що повинна складати $(25 \dots 50) \cdot 10^3$ мл⁻¹. Колби розміщують у люміностаат на заданий час. Далі розраховують K_T — відношення концентрації фітопланктону у тестованому (C_{Zi}) та контрольному (C_{Z0}) зразках води, що характеризує рівень інтегральної токсичності $K_T = C_{Zi}/C_{Z0}$.

Особливістю впливу забруднювальних хімічних речовин на водні екосистеми є не лише зміна популяцій фітопланктону у відповідь на дію цих речовин, але й конкурентна взаємодія різних видів фітопланктону між собою. Різна чутливість видів фітопланктону до хімічних речовин приводить до складнішої динаміки зміни чисельності частинок фітопланктону у реальних багатовидових екосистемах у порівнянні з тестовими монокультурами водоростей. Для оцінки токсичної дії ширшого спектра хімічних сполук використовують тести з декількох видів фітопланктону — модельні водні екосистеми [2].

Досліджуючи екологічну рівновагу водних об'єктів аналізом співвідношення концентрацій частинок фітопланктону, у ході вимірювань отримують часові залежності концентрації частинок певних типів $C_{Zi}(t)$. Для того, щоб дослідити рівновагу та динаміку зміни співвідношень між частинками різних типів у полідисперсній системі, пропонується перейти від системи часових залежностей до системи залежності чисельності одного типу частинок від іншого $C_{Zj}(C_{Zi})$, упорядкувавши експериментальні дані по зростанню C_{Zi} .

Висновки

Отримана залежність дозволяє аналізувати характер взаємодії у системі між частинками різних типів. У випадку дослідження динаміки популяцій фітопланктону водних об'єктів така залежність показує особливості взаємодії між різними видами фітопланктону — конкуренція, симбіоз або

нейтралізм. Сезонна динаміка зміни фітопланктону приводить до деяких відхилень залежності C_{Zj} (C_{Zi}) в межах норми, допустимих для сезонних варіацій. Для підвищення достовірності розрізнення частинок ПВС на підтипи можна використовувати флуоресцентні барвники, які виявляють специфічні для конкретних видів частинок макромолекули. Таким чином можна розрізнити частинки, зовнішня форма і внутрішня будова яких подібні, а тому спектрополяриметричні зображення мало відрізняються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция / под ред. Г. Г. Винберг. — Л. : ГосНИОРХ, 1984. — 31 с.
2. Руупа М. Биологические методы исследования водоемов в Финляндии / М. Руупа, П. Хейнонен. — Helsinki : SUOMEN YMPARISTOKESKUS, 2006. — 112 с.
3. Определитель пресноводных водорослей СССР / под ред. М. М. Голлербах. — М. : АН СССР, 1986. — Т. 1—14.
4. Балтиев Ю. С. Методические указания по интегральной оценке качества окружающей среды (экологическая разведка местности) / Ю. С. Балтиев, Г. П. Усов. — М. : Военное издательство, 2005. — 119 с.
5. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В. П. Семенченко. — Минск : Орех, 2004. — 125 с.
6. Царенко П. М. Кадастр водоростей водойм міста Вінниці / [П. М. Царенко, П. Д. Клоченко, О. П. Царенко та ін.]. — Вінниця : вид-во О. Власюк, 2006. — 81 с.
7. Барина С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. — Тель-Авив : PiliesStudio, 2006. — 498 с.
8. Dell'Uomo A. Use of algae for monitoring rivers in Italy: current situation and perspectives. Use of algae for monitoring rivers / A. Dell'Uomo. — Agence de l'Eau Artos-Picardie, 1997. — P. 17—25.
9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін.] ; під ред. В. Д. Романенко. — НАН України. Ін-т гідробіології. — К. : Логос, 2006. — 408 с.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки

Стаття надійшла до редакції 18.05.11
Рекомендована до друку 20.06.11

Кватернюк Сергій Михайлович — науковий співробітник, **Іщенко Віталій Анатолійович** — доцент, **Кватернюк Олена Євгенівна** — здобувач.

Кафедра екології і екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця