



УДК [581.526.3:608.32:574](285.3)

© 2009

**В. І. Щербак, Н. Є. Семенюк, Н. В. Майстрова**

**Адаптація методів оцінки екологічного стану водойм  
мегаполісів України за фітопланктоном  
і фітомікроперифітоном відповідно до Водної Рамкової  
Директиви 2000/60/ЄС**

*(Представлено академіком НАН України В. Д. Романенком)*

*Здійснено адаптацію існуючих в Україні методів оцінки екологічного стану водойм мегаполісів за фітопланктоном і фітомікроперифітоном до основних положень Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС. Визначено найбільш інформативні параметри водоростевих угруповань. Запропоновано числові характеристики параметрів фітопланктону для кожного класу екологічного стану водойм мегаполісів.*

Перспективи інтеграції України в Європейський Союз зумовлюють нагальну необхідність адаптації використовуваних в Україні методів оцінки екологічного стану водойм мегаполісів відповідно до Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС (ВРД). ВРД регламентує оцінку екологічного стану водних об'єктів різного типу, але поза її увагою залишається значна кількість водойм, які зосереджені на території мегаполісів і екологічний стан яких формується під комплексним впливом цілої низки антропогенних чинників.

Перспективною з точки зору приведення прийнятих в Україні методів до вимог Європейського Союзу є методологія оцінки екологічного стану водойм за структурно-функціональними характеристиками компонентів автотрофної ланки біоти, зокрема водоростями різних екологічних груп [1]. У водоймах мегаполісів важливими екологічними нішами є водна товща і зарості вищих водних рослин, отже, одними з найбільш інформативних угруповань (згідно з термінологією ВРД — біологічних елементів якості) для оцінки екологічного стану таких водойм є фітопланктон і фітомікроперифітон.

Мета роботи — адаптувати існуючі в Україні методи оцінки екологічного стану водойм мегаполісів за фітопланктоном і фітомікроперифітоном відповідно до ВРД 2000/60/ЄС.

Згідно з положеннями ВРД, при розробці методології оцінки екологічного стану водойм основними завданнями є: 1) вибір індикативних параметрів — структурних і функціональних показників фітопланктону і фітомікроперифітону, які є чутливими до антропогенного

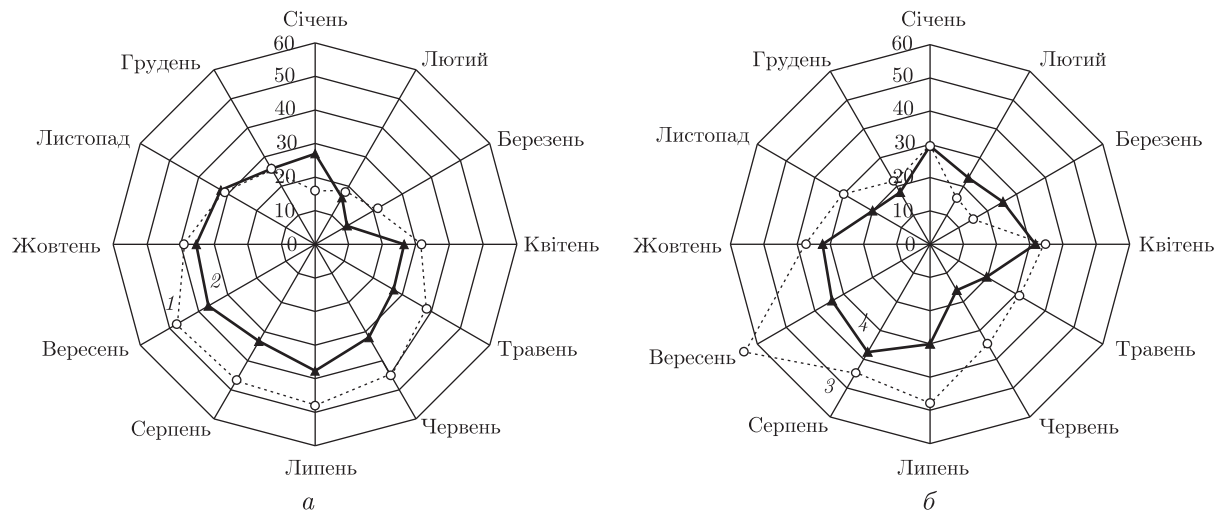


Рис. 1. Сезонна динаміка видового багатства фітопланктону ставів (а) і озер (б) м. Київ: 1 — водойма з низьким ступенем антропогенного впливу (рекреаційний став); 2 — водойма з високим ступенем антропогенного впливу (став на житловому масиві); 3 — водойма з домінуванням природних процесів; 4 — водойма з високим ступенем антропогенного впливу (озеро в промисловій зоні)

навантаження і репрезентативно відображають екологічний стан водойм; 2) встановлення числових значень (характеристик) даних параметрів для кожного класу екологічного стану [2].

Вибір параметрів для визначення стану водойм базувався на наших дослідженнях різноманіття фітопланктону водойм мегаполісу. Як модельні обрано три типи водойм м. Київ, які істотно відрізняються за ступенем антропогенного впливу і в той же час відображають найтипівіші градації екологічного стану водойм мегаполісу:

I — водойми з домінуванням природних процесів (оз. Бабине, о. Труханів);

II — водойми з низьким ступенем антропогенного впливу (рекреаційний став на р. Нивка, став Горіховатський у Національному природному парку “Голосіївський”, оз. Голубе на житловому масиві Виноградар);

III — водойми з високим ступенем антропогенного впливу, біоту яких можна охарактеризувати як деградовану (оз. Кирилівське в промисловій зоні масиву Оболонь, став Бетонний на житловому масиві Південна Борщагівка, став на струмку Сирець поруч із перехрестям вул. Щербакова і просп. Перемоги).

**Основні параметри (за прийнятою в Україні термінологією — структурні і функціональні показники) водоростевих угруповань. Видове різноманіття.** Встановлено, що у водоймах з різним ступенем антропогенного впливу видове багатство фітопланктону істотно відрізняється. Найбільшу кількість видів виявлено у фітопланктоні водойми з домінуванням природних процесів — 272, меншою кількістю видів був представлений фітопланктон водойм з низьким ступенем антропогенного впливу — 211–240 і найменшою — фітопланктон водойм з високим антропогенним впливом — 169–208.

Незалежно від типу водойм (озеро, став), видове багатство фітопланктону антропогенізованих водойм було на 25–30% нижчим від такого для водойм, де домінують природні процеси. Така тенденція зберігалася протягом усього вегетаційного сезону (рис. 1).

Подібна закономірність характерна і для видового багатства фітомікроперифітону. Згідно з [3], фітомікроперифітон верхів’я р. Москва вище м. Москва представлений 229 видами,

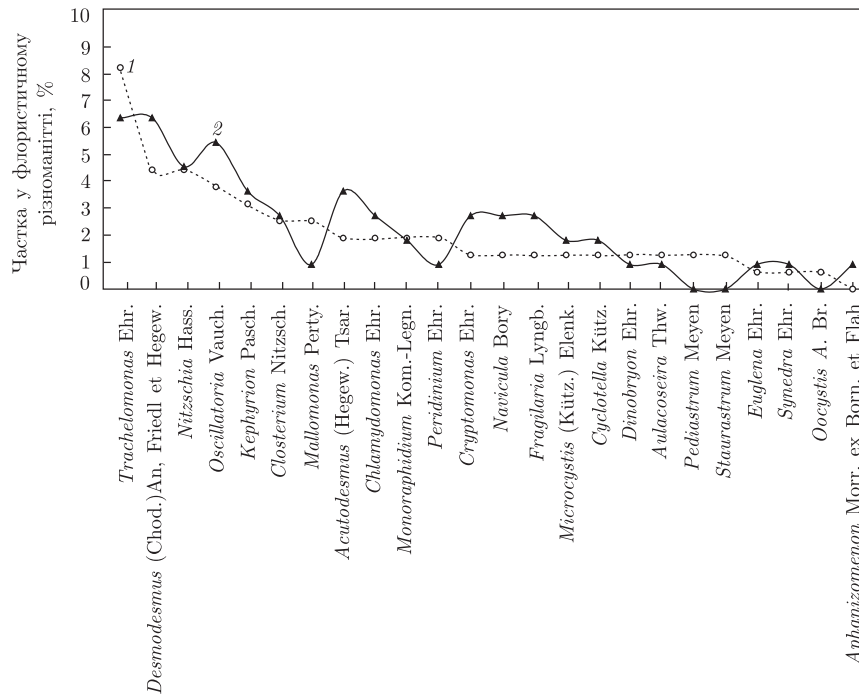


Рис. 2. Флористичне різноманіття фітопланктону озер мегаполісу: 1 — озеро з домінуванням природних процесів; 2 — озеро з високим ступенем антропогенного впливу

у той час як на ділянці річки в центрі м. Москва видове багатство втричі нижче і представлено 73 видами.

**Флористичне різноманіття.** Показано, що при збільшенні ступеня антропогенного навантаження на водойми у флористичному різноманітті зростає частка представників порядків *Euglenales* Bütsch., *Chlamydomonadales* Fritsch, *Cryptomonadales* Ehr. і знижується частка *Desmidiaceae* (Menegh.) Pasch. На рівні родів відмічено збільшення частки *Oscillatoria* Vauch., *Acutodesmus* (Hegew.) Tsar., *Chlamydomonas* Ehr., *Cryptomonas* Ehr., *Navicula* Bory і зниження — *Mallomonas* Perty, *Staurastrum* Meyen, *Pediastrum* Meyen, *Oocystis* A. Br. (рис. 2).

У той же час у флористичному спектрі фітомікроперифітону при підвищенні антропогенного навантаження знижується частка представників родів *Achnanthes* Bory, *Eunotia* Ehr., *Cymbella* Ag., *Tabellaria* Ehr., і збільшується відсоток видів родів *Diatoma* Bory emend. Heiberg, *Gomphonema* (Ag.) Ehr., *Nitzschia* Hass., *Pinnularia* Ehr., *Navicula* Bory, *Fragilaria* Lyngb. [4, 5].

**Інформаційне різноманіття (індекс Шеннона).** Незалежно від вегетаційного сезону найвищі величини індексу Шеннона за фітопланктоном (3,17–3,42 біт/екз) відмічено у водоймах з домінуванням природних процесів і нижчі (2,20–2,50 біт/екз) — в антропогенно порушених водоймах. Низьке інформаційне різноманіття і монодомінування у фітопланктоні мають триваліший часовий інтервал у водоймах із високим антропогенним впливом.

Аналогічні закономірності характерні і для індексу Шеннона, розрахованого за фітомікроперифітоном.

**Кількісне різноманіття. Чисельність і біомаса.** Інформативним показником екологічного стану водойм є варіабельність кількісних показників фітопланктону і фітомікро-

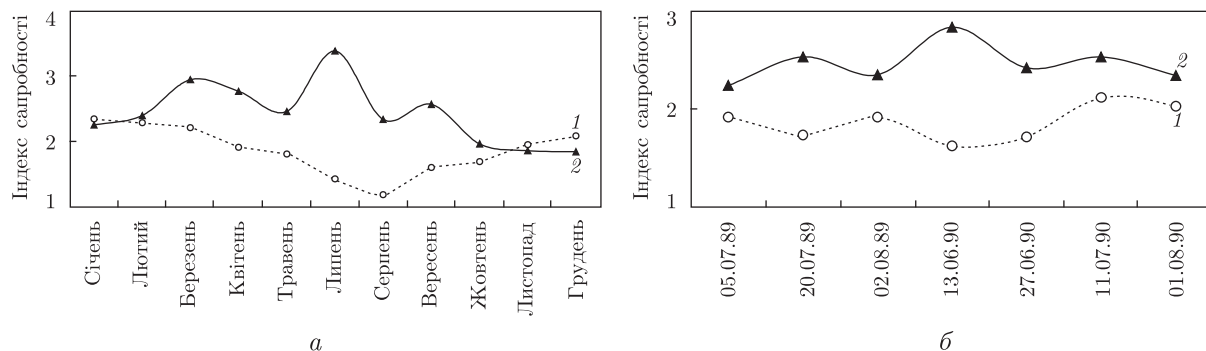


Рис. 3. Динаміка індексу сапробності: *a* — за фітопланктоном у ставах на струмку Сирець, м. Київ (1 — став з низьким ступенем антропогенного впливу, 2 — став з високим ступенем антропогенного впливу); *b* — за фітоперифітоном у Іваньківському водосховищі згідно з [8] (1 — ділянка, обмежена лісовим масивом, 2 — ділянка, поруч з якою розміщені населені пункти)

перифітону. Зокрема, у водоймі з домінуванням природних процесів (оз. Бабине, Труханів острів) коефіцієнт варіації чисельності фітопланктону становив 109%, біомаси — 121%. У той же час у водоймах, де дія антропогенного чинника інтенсивніша, даний показник був вищим: в оз. Кирилівське (промислова зона) коефіцієнт варіації чисельності фітопланктону досягав 210%, біомаси — 138%; у ставі на житловому масиві — 164 і 162% відповідно. Подібну тенденцію виявлено для водойм м. Нижній Новгород, але як показник варіабельності дослідниками використано не коефіцієнт варіації, а відношення максимального показника до середньовеgetаційного [6].

Встановлено, що у водоймах і водотоках на урбанізованих територіях відбувається зростання загальної біомаси водоростевого угруповання перифітону і варіабельності домінуючого комплексу, що зумовлено надходженням у водойми стоків, збагачених органічними речовинами і біогенними елементами [3].

*Характеристика Cyanophyta як потенційних збудників "цвітіння" води.* У фітопланктоні водойм м. Київ, де домінують природні процеси (оз. Бабине, рекреаційний став), частка Cyanophyta у формуванні біомаси не перевищувала 2–3%, у той час як у сильно антропогенізованих водоймах (оз. Кирилівське, став Бетонний) частка представників цього відділу досягала 13–19% і вони могли викликати "цвітіння" води. Дана закономірність підтверджується даними літератури [7].

Збільшення частки синьозелених водоростей у фітомікроперифітоні також пов'язують із погіршенням стану водних екосистем [4, 5].

**Сапробіологічна характеристика якості води. Індекс сапробності.** Індекс сапробності Пантле-Букк у модифікації Сладечека за фітопланктоном або фітомікроперифітоном дозволяє репрезентативно розмежувати ділянки одного водного об'єкта з різним ступенем антропогенного навантаження (рис. 3).

*Частка видів-індикаторів різних зон сапробності.* Оскільки більшість водойм мегаполісів належать до  $\beta$ -мезосапробної зони і частка  $\beta$ -мезосапробів у водоростевих угрупованнях таких водойм майже не відрізняється, більш показовою для оцінки екологічного стану водойм є частка індикаторів  $\chi$ -,  $\sigma$ - і  $\alpha$ -мезо-,  $\rho$ -сапробної зон.

**Числові характеристики індикативних параметрів для кожного класу екологічного стану.** На основі досліджень водойм з різним ступенем антропогенного впливу визначено якісні та кількісні числові характеристики параметрів фітоплан-

ктому для кожного класу екологічного стану водойм мегаполісів відповідно до ВРД (табл. 1).

Апробацію оцінки екологічного стану водойм мегаполісу на прикладі м. Київ згідно з даною класифікацією наведено в табл. 2. Аналіз натурних даних показав, що на території мегаполісу відсутні водойми, екологічний стан яких можна класифікувати як “відмінний”.

Таблиця 1. Класифікація екологічного стану водойм мегаполісів за якісними та кількісними характеристиками основних індикативних параметрів фітопланктону відповідно до ВРД 2000/60/ЄС

Індикативні параметри	Числові характеристики параметрів фітопланктону для класів екологічного стану ВРД				
	відмінний стан	добрий стан	задовільний стан	поганий стан	дуже поганий стан
Видове різноманіття (за вегетаційний сезон)	≥ 291	251–290	211–250	171–210	≤ 170
Надвидове різноманіття (кількість родів)	≥ 131	111–130	91–110	71–90	≤ 70
Видове різноманіття (середнє у пробах)	≥ 41	36–40	31–35	26–30	≤ 25
Інформаційне різноманіття, біт/екз	≥ 3,5	3,2–3,4	2,9–3,1	2,6–2,8	≤ 2,5
Коефіцієнт варіації чисельності	≤ 50	51–150	151–200	201–250	≥ 251
Коефіцієнт варіації біомаси	≤ 40	41–120	121–160	160–200	≥ 201
Частка Cyanophyta у біомасі, %	≤ 1	2–5	6–10	11–50	≥ 51
Індекс сапробності	≤ 1,60	1,61–1,85	1,86–2,05	2,06–2,25	≥ 2,26
Частка $\chi$ -, $\sigma$ -сапробів, %	≥ 32	28–31	27–24	23–20	≤ 19
Частка $\alpha$ -, $\rho$ -сапробів, %	≤ 8	9–11	12–14	15–17	≥ 18

Таблиця 2. Апробація оцінки екологічного стану водойм м. Київ за характеристиками основних індикативних параметрів фітопланктону

Індикативні параметри	оз. Бабинє (о. Труханів)	Рекреаційний став на р. Нивка	оз. Кирилівське (промзона масиву Оболонь)	Став на струмку Сирець
Видове різноманіття (за вегетаційний сезон)	272 (добрий)	240 (задовільний)	208 (поганий)	153 (дуже поганий)
Надвидове різноманіття (кількість родів)	112 (добрий)	93 (задовільний)	91 (задовільний)	69 (дуже поганий)
Видове різноманіття (середнє у пробах)	37 (добрий)	35 (задовільний)	27 (поганий)	25 (дуже поганий)
Інформаційне різноманіття, біт/екз	3,2 (добрий)	3,0 (задовільний)	2,6 (поганий)	2,5 (дуже поганий)
Коефіцієнт варіації чисельності	109 (добрий)	157 (задовільний)	210 (поганий)	99 (добрий)
Коефіцієнт варіації біомаси	120 (добрий)	84 (добрий)	138 (задовільний)	124 (задовільний)
Частка Cyanophyta у біомасі, %	4 (добрий)	2 (добрий)	16 (поганий)	3 (добрий)
Індекс сапробності	1,85 (добрий)	2,15 (поганий)	1,97 (задовільний)	2,30 (дуже поганий)
Частка $\chi$ -, $\sigma$ -сапробів, %	29 (добрий)	22 (поганий)	27 (задовільний)	18 (дуже поганий)
Частка $\alpha$ -, $\rho$ -сапробів, %	11 (добрий)	14 (задовільний)	15 (поганий)	18 (дуже поганий)
Екологічний стан водойм	Добрий	Задовільний	Поганий	Дуже поганий

Таким чином, адаптація існуючих в Україні методів оцінки екологічного стану водойм мегаполісів за компонентами біоти до основних положень ВРД 2000/60/ЄС показала, що як індикативні параметри можуть бути використані структурні і функціональні показники фітопланктону і фітомікроперифітону. Визначені найбільш інформативні параметри: видове різноманіття, надвидове різноманіття (зокрема, кількість родів), інформаційне різноманіття (індекс Шеннона), коефіцієнт варіації чисельності і біомаси, частка Cyanophyta у біомасі водоростевого угруповання, індекс сапробності, і запропоновані їх числові характеристики. Застосування числових характеристик даних параметрів до оцінки екологічного стану водойм м. Київ показало, що жодна з водойм не відповідає класу екологічного стану “відмінний”. Досліджені водойми мегаполісу класифіковано за чотирма класами екологічного стану ВРД 2000/60/ЄС (“добрий”, “задовільний”, “поганий”, “дуже поганий”), що є кроком до впровадження вимог Водної Рамкової Директиви в Україні.

1. *Щербак В. І.* Гідроecологічні аспекти вирішення проблеми оцінки та зменшення загроз біорізноманіттю континентальних водойм України // Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. – Київ: Хімджест, 2003. – С. 273–348.
2. *Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС.* Основні терміни та їх визначення / К. Алієв, Ю. Віденіна, Н. Закорчевна. – Київ, 2006. – 240 с.
3. *Горидченко Т. П.* Основные направления изменений перифитонных сообществ под воздействием антропогенных факторов // Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем: Тр. сов.-француз. симп., Астрахань, 9–12 сентября 1985 г. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1988. – С. 155–165.
4. *Комулайнен С. Ф., Морозов А. К.* Изменение структуры фитоперифитона в малых реках урбанизированных территорий // Вод. ресурсы. – 2007. – **34**, № 3. – С. 356–363.
5. *Hill B. H., Herlihy A. T., Kauffman P. R. et al.* Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity // J. North Amer. Benthol. Soc. – 2000. – **19**, No 1. – P. 50–67.
6. *Оганжин А. Г., Старцева Н. А.* Динамика видовой структуры фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий: доминирующие виды и биомасса альгоценозов // Биология внутр. вод. – 2004. – № 3. – С. 38–45.
7. *Havens K. E.* Comparative analysis of lake plankton structure vs. function // Aquat. Sci. – 1999. – **61**. – P. 150–167.
8. *Косятова В. А., Эйнон Л. О.* Влияние антропогенных факторов на развитие водорослей перифитона в Ивановском водохранилище // Вод. ресурсы. – 1996. – **23**, № 6. – С. 732–738.

*Інститут гідробіології НАН України, Київ*

*Надійшло до редакції 19.03.2009*

**V. I. Scherbak, N. Ye. Semenyuk, N. V. Maystrova**

### **Adapting the methods of assessing the ecological status of the water-bodies of Ukrainian megapolises by phytoplankton and phytomicroperiphyton to the Water Framework Directive 2000/60/EC**

*The paper deals with adapting the Ukrainian methods of ecological status assessment of megapolis water-bodies by phytoplankton and phytomicroperiphyton to the fundamentals of Water Framework Directive 2000/60/EC. The most informative parameters of algal communities have been defined. The quantitative characteristics of phytoplankton parameters for every ecological status class of megapolis water-bodies have been suggested.*