

Н.О. Іванова, к.геогр.н.
Інститут гідробіології НАН України

ПОШИРЕННЯ ЦІАНОБАКТЕРІАЛЬНИХ «ЦВІТИНЬ» У ВОДОСХОВИЩАХ І МОЖЛИВОСТІ ЇХ КОНТРОЛЮ

Анотація. *Ціанобактеріальні «цвітіння» є одним із найпоширеніших проявів евтрофікації у прісноводних екосистемах, зокрема у водосховищах. Їх інтенсивність і частота зростають під впливом антропогенних факторів і кліматичних змін. Показано, що водосховища створюють специфічні гідрологічні умови, які сприяють масовому розвитку ціанобактерій, що потребує впровадження комплексних підходів до моніторингу та управління.*

Ключові слова: «цвітіння» води, гідрологічний режим, водосховища, ціанобактерії

Ціанобактеріальні «цвітіння» води (ЦЦВ) є одним із найбільш поширених проявів деградації прісноводних екосистем. Масовий розвиток ціанобактерій спостерігається у водоймах різного типу, проте особливо характерний для водосховищ, де поєднуються сприятливі гідрологічні та трофічні умови.

Явище «цвітіння» води має глобальне поширення та спостерігається у водоймах різних кліматичних зон, з тенденцією до зростання частоти та тривалості в умовах кліматичних змін і антропогенного навантаження. Так, за результатами аналізу 1965 великих водойм Світу, представленого в роботі [6], явища шкідливого «цвітіння» води було виявлено у 962 з них, причому для 60% цих водних об'єктів характерним є регулярне щорічне «цвітіння» протягом останніх двох десятиліть. ЦЦВ зафіксовані на всіх континентах, із більшою частотою у субтропічних водоймах (в середньому на рік виявлено 2,2%) порівняно з тропічними (1,0%).

Регіональний аналіз показує, що в Північній Америці (середньорічна частота виявлення ЦЦВ 3,7%) осередки частих «цвітінь» зосереджені в басейні річки Міссісіпі та водозборі озера Вінніпег, що пов'язано з високим надходженням поживних речовин із сільськогосподарських територій [4]. В Азії найбільш ураженими є водойми Центральної та Східної частин континенту, зокрема в басейні нижньої течії річки Янцзи.

Найбільш інтенсивне поширення «цвітінь» води характерне для Європи (5,0%), зокрема для водойм Південних Альп і Чорноморського регіону, де цей показник може перевищувати 10% [6]. Наприклад, за даними дослідників [3], у Польщі «цвітіння» води (видима зміна кольору води при концентрації хлорофілу а вище 20 мкг/дм³) у старицях тривають від 1 до 3 місяців (серпень–жовтень), а у ставках – протягом п'яти (червень–жовтень).

У дніпровських водосховищах максимальний розвиток ціанобактерій спостерігався у перші роки після введення в експлуатацію, а повторні спалахи «цвітіння» були зумовлені непослідовним формуванням каскаду. Після завершення його будівництва у 1976 році відбулася стабілізація гідрологічного та гідробіологічного режимів, що супроводжувалося зменшенням інтенсивності

«цвітіння» у 1980–1990-х роках [5]. У сучасний період інтенсивні ЦЦВ регулярно спостерігаються влітку і можуть охоплювати до 70% площі водосховищ, особливо в мілководних затоках і підвітряних ділянках. Просторово-часовий аналіз показує, що найбільша інтенсивність розвитку характерна для Кременчуцького та Кам'янського водосховищ, тоді як у Київському водосховищі «цвітіння» зазвичай менш виражене через нижчу температуру та більшу каламутність води. У окремі роки інтенсивність суттєво варіює залежно від гідрологічних умов: наприклад, мінімальний розвиток водоростей у 2013 році пов'язують із підвищеним стоком Дніпра [1].

Водосховища дніпровського каскаду виконують функції гідроенергетики, водопостачання, регулювання стоку та забезпечення судноплавства. Загальний об'єм акумульованої води в них перевищує 40 км³, а їхні ресурси використовуються для водозабезпечення значної частини населення країни. Саме тому дослідження і регулювання процесів «цвітіння» в них є важливими для екологічної безпеки.

Поширення ціанобактеріальних «цвітінь» має комплексні наслідки для водних екосистем і суспільства. До основних екологічних ефектів належать зниження вмісту розчиненого кисню, порушення трофічних зв'язків, зменшення біорізноманіття та деградація водних біоценозів. Водночас наявність токсичних метаболітів становить загрозу для здоров'я населення, особливо в умовах використання водосховищ як джерел питного водопостачання. Додаткові ризики пов'язані з обмеженням рекреаційного використання водойм і зростанням витрат на водоочищення.

Цікаво зазначити, що за спостереженнями [6] у водоймах з меншою акваторією (<1000 км²) шкідливі «цвітіння» спостерігаються частіше (3,3%), ніж у великих (2,3%). Скоріш за все це зумовлено їх більш однорідною гідродинамічною структурою та нижчою буферною здатністю, що сприяє охопленню значної частини акваторії масовим розвитком ціанобактерій. У великих водосховищах розвиток «цвітіння», як правило, приурочений до мілководних заток та прибережних зон, тоді як основна акваторія піддається інтенсивнішому вітровому перемішуванню, що перешкоджає формуванню стійких поверхневих скупчень. Водночас саме у водосховищах та антропогенно трансформованих водоймах можуть спостерігатися «плями» цвітіння [2,5].

Також варто підкреслити, що гідродинамічні чинники визначають розвиток ціанобактерій як через прямі механізми (течії, перемішування, коливання рівня), так і через опосередковані зміни середовища (водообмін, стратифікація, розподіл біогенів і світловий режим), зумовлюючи як пригнічення, так і стимуляцію їх розвитку. Наприклад, низька швидкість потоку сприяє росту водоростей, незначне коливання рівня води підвищує продуктивність водоростей та стимулює метаболізм, а помірна турбулентність води збільшує поглинання поживних речовин їх клітинами.

Отримані результати свідчать про чітко виражений глобальний характер явища та визначальну роль антропогенного навантаження у його поширенні.

У цьому контексті важливим є розвиток підходів до контролю ціанобактеріальних «цвітінь». До основних напрямів належать:

- 1) зменшення надходження біогенних речовин (очищення стічних вод; оптимізація сільськогосподарських практик; контроль дифузного забруднення)

- 2) управління гідрологічним режимом (регулювання рівнів води; зміна режимів попусків; зменшення застійних зон)
- 3) біологічні та технічні методи (регулювання трофічних ланцюгів; аерація та перемішування водної товщі; локальні заходи у зонах інтенсивного цвітіння).
- 4) моніторинг і прогнозування (використання супутникових даних; аналіз гідрометеорологічних факторів; розробка моделей прогнозування)

Перспективним напрямом є використання комплексних підходів, спрямованих на раннє виявлення ризиків формування «цвітінь» та підтримку управлінських рішень. Водночас ефективність таких підходів значною мірою залежить від урахування специфіки окремих водосховищ і регіональних умов.

Роботу виконано за фінансової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках наукового проєкту № 2025.07/0394 «Розробка нових науково обґрунтованих підходів та методів контролю шкідливого «цвітіння» ціанобактерій у великих водосховищах як інструмент забезпечення екологічної безпеки держави» за договором № 23.07/0394 від 02.03.2026 року

Список використаної літератури

1. Вишневський В. Просторово-часова мінливість цвітіння водоростей у Дніпровських водосховищах. *Український журнал дистанційного зондування* 2019. 20. С. 18–27. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2019.20.144>
2. Іванова Н.О. «Цвітіння» води в Сасикському водосховищі. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. Київ, 2010. Т 2(19). С. 185-191.
3. Krztoń, W., Kosiba, J., Pocięcha, A. *et al.* The effect of cyanobacterial blooms on bio- and functional diversity of zooplankton communities. *Biodivers Conserv.* 2019, 28. P. 1815–1835. URL: <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01758-z>
4. Schindler D.W., Hecky R.E., McCullough G.K. The rapid eutrophication of Lake Winnipeg: greening under global change. *Journal of Great Lakes Research*, 2012. Vol. 38. P. 6–13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2012.04.003>
5. Shcherbak V., Semeniuk N., Maistrova N. Harmful algal blooms in upper-cascade dneiper reservoirs under present conditions. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2026. (1). P. 62–73. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2026.01.062>
6. Ying W., Dan Zhao, R Iestyn Woolway, Haoran Yan, Hans W Paerl, Yi Zheng, Chunmiao Zheng, Lian Feng, Global elevation of algal bloom frequency in large lakes over the past two decades, *National Science Review*, 2025. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf011>