

ЕВТРОФІКАЦІЯ ВОДОЙМ, ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА

О. О. Шостак

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, група ТЗ-31,
навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою

Науковий керівник – д.б.н., доцент О. О. Бедункова

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

У статті розглянуто причини та наслідки процесу евтрофікації, що має місце в водоймах всього світу. Відстежено розвиток класифікаційних схем для кількісної та якісної оцінки ступеня евтрофікації. Наведено приклади прояву цього негативного явища в водоймах України та світу. Проаналізовано пропозиції дослідників щодо вжиття заходів для запобігання розвитку евтрофікації у водоймах.

Ключові слова: евтрофікація, біогенні елементи, трофічність, водойма.

The article discusses the causes and consequences of the process of eutrophication, which is present in water bodies around the world. The development of schemes for classifying and obtaining a quantitative and qualitative assessment of the degree of eutrophication is tracked. Examples of the manifestation of this negative phenomenon in the water bodies of Ukraine and the world are given. The proposals of researchers about protective measures to prevent the development of eutrophication in water bodies are analyzed.

Keywords: eutrophication, biogenic elements, trophicity, reservoir.

У сучасному світі існує маса екологічних проблем, які потребують негайного вирішення. Однією з таких глобальних проблем, є евтрофікація водойм, яка гостро постала не лише в Україні, а й по всьому світу.

Евтрофікація водойм – це підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів у результаті накопичення у воді біогенних елементів під дією природних і антропогенних факторів [1]. Організація об'єднаних націй з охорони навколишнього середовища (ЮНЕП) повідомила, що у всьому світі 30–40% озер та водосховищ мають тенденцію до різного ступеня евтрофікації [2].

Природна евтрофікація залежить від багатьох факторів. Одним із них є зв'язок між хімічним складом ґрунтів водозбірної території водойм та рівнем продуктивності. Це означає що родючість ґрунтів на водозборах, насиченість води біогенними елементами тісно пов'язане з рівнем біологічної продуктивності водойм, тобто евтрофікацією [3]. Цей зв'язок встановив, ще в 20-х роках минулого століття Е. Науманн [4]. Сама кількість накопиченої органічної речовини залежить від співвідношення процесів продукції та деструкції. Також на природну евтрофікацію впливає інтенсивність кругообігу органічної речовини, яка визначає не тільки рівень біологічної продуктивності водойм, а й швидкість седиментації і накопичення речовин у них [5].

Однак, природна евтрофікація за своїм проявом значно поступається антропогенній евтрофікації, через яку, проблема стала глобальною. Антропогенна евтрофікація передусім передбачає збільшення надходження у воду біогенних елементів і зростання біопродуктивності водних екосистем [4]. Наслідком цього є збільшення швидкості накопичення біогенного осаду. В якості таких біогенних елементів, які контролюють

евтрофікацію водойм, загальноприйнятими вважають такі речовини, як фосфор і азот, іноді ще вуглець [1; 3]. Джерела антропогенних речовин безпосередньо пов'язані з різними формами діяльності людини, такими як промислове виробництво, сільськогосподарська діяльність, створення населених пунктів (включаючи всі форми урбанізації), та рекреаційна діяльність [5].

Евтрофікація сильно погіршує якість води, що призводить до збільшення каламутності, цвітіння ціанобактерій, втрати біорізноманіття, небезпеки для здоров'я, виснаження кисню, а також неприємного смаку та запаху [6; 7]. Це, у свою чергу, створює соціально-економічні проблеми, такі як збільшення витрат на очищення води, труднощі з виконанням критеріїв для побічних продуктів дезінфекції та естетичних збитків [8].

Нині використовують багато класифікаційних шкал, які побудовані на основі показників, що відносяться до різних компонентів водних екосистем. Засновниками першої трофічної типізації водойм були Тінеманн та Науманн. Ними була запропонована прийнята згодом термінологія поділу водних екосистем на «оліготрофні», «мезотрофні», «евтрофні». Пізніше з'явився термін – «дистрофні» водойми. По мірі накопичення органічної речовини, водойми переходять від оліготрофного типу з низьким рівнем продуктивності до мезотрофного та евтрофного типів з середнім і високим рівнем продуктивності, а далі до дистрофного типу [3]. Наступним етапом кількісного визначення трофічного статусу водойм, стали спроби в другій половині ХХ століття формалізувати трофічні шкали, заповнивши їх нескінченним рядом величин. Таким чином з'явилися різноманітні індекси трофічного стану (ІТС), найбільш поширеними з яких можна назвати індекси Карлсона, що розраховуються за вмістом хлорофілу CHL , загального фосфору TR та прозорості SD . Значення ІТС становить <40 в оліготрофних водах, $40-60$ в мезотрофних і >60 в евтрофних при концентрації хлорофілу $<1,1-10$ і >10 $мкг/дм^3$ [9].

Метою нашої статті був теоретичний аналіз сучасної наукової літератури щодо вивчення причин і наслідків евтрофікації водойм в Україні та світі, а також з'ясування можливих шляхів вирішення проблеми через вжиття відповідних водоохоронних заходів.

Оскільки в Україні досить велика кількість водойм, ми можемо дуже легко навести приклади водних екосистем які потерпають від евтрофікації.

Чорне та Азовське моря. Ці водойми потерпають від різних екологічних проблем, але саме евтрофікація на сьогоднішній день являється найбільш кризовою. Загалом незадовільний стан цих морів зумовлений перевищенням обсягу надходження забруднюючих речовин над асиміляційною спроможністю морських екосистем, що призвело до забруднення морських вод та бурхливого розвитку евтрофікаційних процесів. У північно-західній частині Чорного моря переважають води з великим вмістом нітратів. Ця забруднена смуга простягається від Дніпро-Бузького лиману до Дунаю. У придунайському районі максимально забруднені амонійним азотом води охоплюють острів Зміїний, де була зафіксована його максимальна концентрація. Максимальні концентрації фосфору спостерігаються в районі виходу дунайських та дністровських вод, а також в Одеській затоці. Як відомо, Азовське море відноситься до найбільш евтрофікованих і забруднених морів. Тут максимальні концентрації біогенних елементів відзначені поблизу м. Бердянськ. Це все призводить до таких негативних наслідків як зменшення прозорості води, домінування видів здатних існувати в забрудненому середовищі, виникнення зон гіпоксії та замулення [10].

Річка Дніпро. За даними, що збиралися за останні 30 років, було встановлено що трофічний стан цієї водойми розподілений досить нерівномірно. В деяких регіонах цієї екосистеми показники трофності варіюються від 26,5 до 56,5. Така ситуація обумовлена такими чинниками як інтенсифікація або «хімізація» сільського господарства і змінами клімату. Саме вони в даному водному об'єкті підсилюють прояви небезпеки акумуляції біогенних речовин в результаті ґрунтово-ерозійних процесів та провокують «цвітіння» води

при підвищенні температури. Тривале збільшення евтрофікації водоймища сприяє збільшенню концентрації біогенних елементів домінуванню в фітопланктоні синьо-зелених водоростей, зменшення прозорості води, зростання вмісту органічної речовини і зрештою значному погіршенню екосистеми та зниження біопродуктивності річки Дніпро [11].

Національний природний парк Шацькі озера. В ньому найбільше потерпає від антропогенного навантаження озеро Світязь. Саме тут сконцентровано найбільшу кількість баз відпочинку, що вкрай негативно впливає на екологічну ситуацію водойм. Впродовж 1985–2010 рр. були проведені дослідження проб води на вміст фосфору, завислих речовин та рівня БСК₅. Результати досліджень показали, що протягом усього періоду спостережень було виявлене постійне зростання даних речовин у воді. Тобто на початку дослідження озеро можна було віднести до оліготрофного, потім до мезотрофного і вже у 2010 р. до евтрофного статусу водойми. Проблема росту рівня евтрофії обумовлена нехтуванням вимог природоохоронного законодавства, Водного та Земельного кодексів, інших законів та нормативних актів, які стосуються правил господарської діяльності на території Шацького НПП [12].

Багаточисельні подібні дослідження проводяться і на водоймах по всьому світі. Так, наприклад при аналізі змін трофічного статусу Бохайської затоки (Китай), були виділені чотири часові періоди: неушкоджений (1980–1984 рр.), мінімально порушений (1985–1994 рр.), переломний момент (1995–1999 рр.) і деградація (2000–2018 рр.) [13]. Серйозне занепокоєння викликає і ситуація в Сардинії (Італія), де евтрофікація торкається майже 80% запасів води (21 із 31 водосховища) [14]. На трьох основних водосховищах р. Доче (Бразилія), за допомогою дистанційного зондування (супутникових спостережень), було зафіксовано перехід трофічного статусу водойм від мезотрофних у 2015 р. до супертрофних у 2020 р. [15]. Прояв евтрофікації внаслідок точкового та дифузного забруднення фосфором (P) та азотом (N) р. Луара (Франція), за останні 35 років призвів до зростання швидкості відкладання донної органічної речовини на 30% [16].

Наведені приклади доповнюють усвідомлення глобальності масштабів прояву евтрофікації водойм та свідчать про гостру необхідність вжиття відповідних водоохоронних заходів.

Як вважають науковці, стратегія відновлення водної екосистеми повинна бути заснована на розумінні факторів і процесів, регулюючих склад, структуру і динаміку водойм. Успіх відновлювальних заходів залежить в значній мірі від організації і виконання підготовчих робіт. По-перше, необхідно виконати моніторинг водойми та її водозбору в передпроектний період, під час здійснення відновлювальних заходів і після їх здійснення. Тривалість моніторингу в передпроектний період становить не менше 2–3 років. Ціллю моніторингу в період здійснення відновлювальних заходів і після їх закінчення, є відстеження змін в екосистемі водойми по гідрологічним, гідрохімічним та гідробіологічним показникам. Другий етап – це моделювання водної екосистеми на використанні отриманих даних. Потім, на основі наявних моделей слід розробити на третьому етапі прогноз розвитку екосистеми водойми на ближчі 3–5 років [17].

Поки ці дані будуть збиратися та оброблятися, дослідники пропонують негайно запровадити такі відновлювальні методи [18]:

- припинення скиду стічних вод та їх відведення за межі акваторії;
- припинення скиду фосфору за рахунок законодавчого обмеження його використання, видалення фосфору із стічних вод, а також для подальшого зв'язування та осадження його у водоймі;
- використання штучної аерації води за допомогою повітря або кисню для посилення окисної мінералізації органічних речовин;

- використання хімічних речовин для придушення життєдіяльності водоростей та освітлення води;
- скид збагаченого поживними речовинами гіполімніону водойм;
- будівництво буферних водойм, затримуючих надходження біогенних елементів у важливіші водойми;
- скид та видалення скупчень водоростей та інших рослин з наступним їх використанням або знищенням.

Отже, проведений аналіз прояву евтрофікаційних процесів свідчить про наявність даної проблеми в водоймах усього світу. При цьому, негативної дії евтрофікації зазнають як річки, водосховища та озера, так і внутрішні моря. Цілком очевидно, що для збереження континентальних водних екосистем та захисту вод Світового океану від евтрофікації необхідним є вжиття та постійне вдосконалення водоохоронних заходів, спрямованих на запобігання появи надмірної кількості біогенних елементів у воді.

1. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підручник. К. : Обереги, 2001. 728 с.
2. Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. UNEP launches the Montevideo Environmental Law Programme. URL: <https://leap.unep.org/knowledge/glossary/eutrophication> (дата звернення: 25.04.2022).
3. Іваненко О. Г. Гідроекологія : конспект лекцій. Одеса : Екологія, 2008. 88 с.
4. Науменко М. А. Эвтрофирование озер и водохранилищ. СПб : изд. РГГМУ, 2007. 100 с.
5. Гідроекологія / Клименко М. О., Пилипенко Ю. В., Лянзберг О. В., Гроховська Ю. Р., Бедункова О. О. Херсон : Гринь Д. С., 2015. 293 с.
6. Alonso J. R., Nieto P. J., Muñoz C., Antón J. C. Modeling eutrophication and risk prevention in a reservoir in the Northwest of Spain by using multivariate adaptive regression splines analysis. *Ecological Engineering*. 2014. Vol. 68. P. 80–89.
7. Havens K. E. Cyanobacteria blooms : effects on aquatic ecosystems. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2008. Vol. 619. P. 733–747.
8. Chislock M. F., Doster E., Zitomer R. A., Wilson A. E. Eutrophication : causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. *Nat. Educ. Knowl.* 2013. Vol. 4. P. 10.
9. Carlson R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 1977. Vol. 22. P. 361–369.
10. Причорноморський екологічний бюлетень № 4 (30) грудень, 2008. 26 с.
11. Пічура В. І. Просторово-часові тенденції зміни трофічного стану водосховищ річки Дніпро. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2017. Вип. 4(76). С. 3–21.
12. Янко Н. В., Станкевич В. В., Коваль Н. М. Антропогенна евтрофікація Шацьких озер. 2014. № 3. 53 с.
13. Xie L., Xu H., Xin M., Wang B., Tu J., Wei Q., Sun X. Regime shifts in trophic status and regional nutrient criteria for the Bohai Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*. 2021. Vol. 170. P. 112674.
14. Close A. Lugliè, B. M. Padedda, S. Pulina, N. Sechi. Rischio eutrofico, relazioni con il paesaggio, ripercussioni sanitarie: il caso di studio della Laguna del Calich (Sardegna, Italia). *Trasferimento Informazione Territoriale*, Milano, 2015. P. 272.
15. Coimbra K. T. O., de Souza Filho C. R. Satellite evidence for pervasive water eutrophication in the Doce River reservoirs following the collapse of the Fundao dam in Brazilia. *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 272. P. 116014.
16. Foucher A., Evrard O., Huon S., Curie F., Cerdan O., Vandromme R. Regional trends in eutrophication across the Loire river basin during the 20th century based on multi-proxy paleolimnological reconstructions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. Vol. 301. P. 107065.
17. Науменко М. А. Эвтрофирование озер и водохранилищ, 2007. 93 с.
18. Soares L.M. V., Calijuri M. Restoration from eutrophication in interconnected reservoirs: Using a model approach to assess the propagation of water quality improvements downstream along a cascade system. *Environmental Modelling & Software*. 2022. Vol. 149. P. 105308.