


DOI 10.36074/grail-of-science.04.06.2021.088

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ГІДРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ: ЦВІТІННЯ МОРЯ

Карпюк Зоя Костянтинівна 

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії,
географічний факультет
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

Нетробчук Ірина Марківна 

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії,
географічний факультет
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

Анотація. «Цвітіння» води через забруднення біогенними речовинами посилює процес евтрофікації водойм, унаслідок якого порушуються процеси саморегуляції, самоочищення, погіршується стан всієї екосистеми. Шкідливе цвітіння вод найчастіше спричиняють три типи водоростей: ціанобактерії, діатомові водорості, динофлагеляти. Ціанобактерії активно розмножуються в озерах, річках або лиманах. Діатомові водорості і динофлагеляти зазвичай викликають «червоні припливи» на узбережжі заток, морів, океанів. Вони виробляють токсини, що здатні нагромаджуватися в молюсках, безхребетних, морських їжаках, риби і спричинити отруєння птахів, ссавців, людей, які їх споживають. Бурхливе цвітіння водоростей спровоковане техногенним забрудненням, розораністю водозабірних ландшафтів, масовим використанням фосфатовмісних мийних засобів. Крім заходів на державному рівні, спрямованих на очищення вод, зміну їх гідрологічних параметрів, проведення інформаційних кампаній щодо питання цвітіння води та його шкідливого впливу на довкілля і здоров'я людини, потрібна усвідомлена відмова кожного від фосфатовмісних мийних засобів у побутовому використанні.

Ключові слова: шкідливе цвітіння води, евтрофікація, планктон, динофлагеляти, нейротоксини, детергенти.

З глобальною евтрофікацією водойм тісно пов'язана екологічна проблема прискореного розвитку мікробіотів – «цвітіння» води, що набуває дедалі більшої актуальності. Інтенсивність процесів евтрофікації залежить від гідрометеорологічних умов і кількості біогенних елементів (сполук азоту, фосфору, силіцію, заліза), що надходять у море з річковим стоком і атмосферними опадами. У результаті антропогенного надходження біогенних речовин у водні об'єкти в ході інтенсивного використання природних ресурсів, відбувається різке прискорення цього процесу. Це приводить до порушення природної біогеохімічної збалансованої екосистеми, яке виявляється в утворенні великих площ «цвітіння» води в поверхневому шарі, що може

розпочатися у травні, а закінчитися наприкінці серпня – на початку вересня. Цвітіння води в Україні в останнє десятиліття фіксується на Дніпрі, його притоках, водосховищах: Київському, Канівському, Кременчуцькому, Кам'янському, Дніпровському, Каховському через створення мілководь, які добре прогриваються в літню пору і мають уповільнений водообмін; у прибережній акваторії Чорного і Азовського морів.

Основними причинами цього явища є: висока концентрація поживних речовин, насамперед сполук азоту і фосфору, у воді, що потрапляють у водойми із стічними водами із полів, куди вносяться мінеральні і органічні добрива; із каналізаційними стоками, які містять фосфати з детергентів; стабільно висока температура води, що сприяє активному розмноженню водоростей; зарегулювання річок гідропорадами; активний забір води для потреб промисловості, сільського та житлово-комунального господарств, що веде до уповільнення руху води; активне вирубування лісів; ерозія ґрунтів.

Цвітіння моря – це незвичайна зміна забарвлення його поверхні, що зумовлена біологічними причинами. Таке явище спостерігається внаслідок бурхливого розвитку планктонних організмів, скупчення яких забарвлює поверхню води в певний колір, що відбувається у теплий період року. Сезонність у розвитку фітопланктону – основних продуцентів органічної речовини у водоймах, за рахунок якої існує більшість інших організмів, залежить від інтенсивності освітлення, значного підвищенні температури. На розмноження і розвиток мікроводоростей впливає низка екологічних умов – метеокліматичних: швидкість вітру, температура, інтенсивність сонячного випромінювання, опади; гідрологічних: прозорість води, швидкість течії; біологічних: водна рослинність тощо. Важливим стримуючим чинником розвитку цвітіння є швидкість течії. Найбільші масштаби розвитку водоростей виникають на мілководі, в умовах штилю і високих температур води, утворюючи характерні «плями цвітіння». При цьому їх біомаса коливається у межах 10–100 мг/л. Потім настає фаза масового відмирання, у результаті чого різко погіршується якість води, з'являється дефіцит кисню, у воді накопичуються токсичні метаболіти, вода стає непридатною для мешкання тварин і використання людиною. Цвітіння води визначають за біомасою водоростей: слабе – 0,5–0,9 мг/л, помірне 1,0–9,9 мг/л, інтенсивне – 10,0–99,9 мг/л, гіперцвітіння – понад 100 мг/л [3].

Зазвичай цвітіння відбувається при масовому розвитку якогось одного виду фітопланктону. Джгутикові: перидиней *Peridinea* і ноктилюки *Noctilucales*, зокрема ночесвітка *Noctiluca scintillans*, розвиваючись у величезних кількостях, викликають цвітіння у вигляді рожевих, буро-червоних, жовтих чи зеленуватих плям та смуг. При масовому розвитку діатомових водоростей *Bacillariophyta* море набуває червоного кольору. Восени в Азовському морі в результаті інтенсивного розвитку одноклітинних діатомових водоростей вода може набувати коричневого забарвлення. Спалахи зростання чисельності діатомей тривають зазвичай близько двох–чотирьох тижнів. Синьо-зелені водорості *Cyanophyta* забарвлюють морську воду в зелений колір. У цей час різко знижується прозорість моря. Густі цвітіння водоростей обмежують видимість у воді, що ставить під загрозу виживання видів, які орієнтуються за допомогою зору; змінюють кислотність води протягом доби – рівень рН може вдень сягати

9 або більше і знижуватися до малих значень вночі; виснажують уночі рівень кисню, призводячи до задухи багатьох видів риби (зазвичай це трапляється біля морського дна чи термокліну).

Дуже шкідливим є надмірне цвітіння, яке значно погіршує якість води та умови життєдіяльності організмів у водоймах, порушує гідрохімічний режим, створюючи дефіцит кисню. В тропічних і помірних водах на сьогодні відбувається масовий розвиток одноклітинних організмів, які називаються динофлагелятами *Dinoflagellata*. Це переважно одноклітинні організми, що налічують близько 2500 видів, дуже різноманітних за морфологією і типом живлення. Значну частину динофлагелят характеризує здатність до фотосинтезу, в зв'язку з чим їх називають динофітовими водоростями *Dinophyta*. Морські види динофлагелят часто токсичні. Вони починають експоненційно розмножуватися при високій концентрації поживних речовин. У результаті масових спалахів чисельності фототрофних динофлагелят утворюється щільний шар фітопланктону (до 10–15 см завтовшки, здатні утворювати товсті мати), що може охоплювати сотні кілометрів та тривати кілька тижнів. При цьому колір моря стає темно-коричневим чи червоно-жовтим, у воді падає вміст кисню і багато живих організмів гине від токсичного отруєння речовинами, що виділяються динофлагелятами. Цвітіння можуть виглядати як піна чи розводи олійної фарби, що плавають на поверхні моря. Таке явище називається «червоним припливом» [2; 4].

Явище зміни кольору води відбувається за рахунок надходження у морську воду великої кількості пігментів, що містяться у клітинах динофлагелят. Проте важливішими наслідками шкідливого цвітіння є: загибель риби, водних ссавців, економічні збитки через зниження привабливості туристичних зон, виділення у воду токсинів, які нагромаджуються в організмах риби, безхребетних, молюсків, морських іжаків тощо, викликаючи отруєння морських організмів та людей, що вживали у їжу отруєні морепродукти. Різні токсини динофлагелят: сакситоксин, азоспірацид, екзотоксин та інші, призводять до розвитку різної симптоматики захворювань у людей. Отруєння азоспірацидом через вживання у їжу молюсків і сидугоксином, що нагромаджується у тілі риби, уражає нервову і травну системи; екзотоксином – серце та клітини нервової системи; бреветотоксинами – травну систему, координацію рухів, провокує болі у м'язах.

Причиною вироблення токсичних речовин цих організмів, очевидно, є боротьба за джерела живлення. Нейротоксини: домоеву кислоту, оадаїкову кислоту, сакситоксин виділяють *Nitzschia pungens*, *N. multiseriis*, *Pseudonitzschia australis*, *Alexandrium tamarence*, *A. catanella*, *Dinophysis*, *Prorocentrum*, *Ostreopsis ovata* та інші мікроводорості. Отруєння токсинами *Nitzschia pungens*, *N. multiseriis*, *Pseudonitzschia australis* вражають морських левів, дельфінів, морських птахів, що виявлено вздовж узбереж Канади, Нової Зеландії, Європи (Іспанії). Вони акумулюються в тканинах морських організмів, що живляться фітопланктоном, таких як двостулкові молюски, анчоуси та сардини, потрапляючи таким чином у трофічний ланцюг. У морських ссавців типовими симптомами отруєння є судоми і тремор, у людей отруєння молюсками спричинює амнезію. Нейротоксини (сакситоксин) *Alexandrium tamarence*, *A. catanella* – видів, що трапляються на узбережжях Японії, Австралії, Північної Америки, у водах

Середземного моря: біля Неаполя, Салерно в Тірренському морі, Емілія-Романья – в Адріатичному морі, нагромаджуються у двостулкових моллюсках, а при вживанні у їжу людьми призводять до хвороби, клінічно відомої як паралітичне отруєння моллюсками. В Адріатичному морі нараховується близько 50 видів динофлагелятів роду *Dinophysis*, бурхливому розвитку яких сприяє мілководність північної частини моря. *Ostreopsis ovata*, поширені у Середземному морі, виділяють оватоксин-а, що потрапляючи в організм людини через дихальні шляхи, вживання моллюсків, ракоподібних і риби, через шкіру під час купання, викликають отруєння. Його симптомами є: кашель, нудота, важкість дихання, біль у горлі, підвищення температури до 38 °С, які проявляються через дві-шість годин після зараження і проходять на протязі двох-трьох днів. Одноклітинні морські водорості *Ostreopsis ovata*, типові для тропічних і субтропічних широт, з'явилися в морях Середземного моря, на узбережжях Лігурії, Тоскани, Лаціо, Сицилії з 1970 р., а перші випадки масового «цвітіння» відомі з 1998 р. Сприятливими умовами для масового розмноження цієї водорості є забруднення води азотними і фосфорними сполуками, високі температури води, показники яких сягають +25–26 °С, мінімальний рух води або застійна поверхня поблизу захисних від морського хилування бар'єрів, високий атмосферний тиск на протязі 4–5 днів. Коли водорості цвітуть, на поверхні води помітні значні за розміром плями червоно-коричневого кольору. Токсини *Ostreopsis ovata* дуже шкідливі для життя морських зірок і їжаків, що втрачають голки і масово гинуть від нестачі кисню. Дослідження *Ostreopsis ovata* проводяться Міністерством охорони навколишнього середовища і морів Італії з 2010 р. в межах програми «*Ostreopsis ovata* – новітні ризики токсичності італійських морів». Ведеться співробітництво з європейською програмою M3-NABs Risk Monitoring, Modelling and Mitigation of Benthic Harmful Algal Blooms along Mediterranean coasts.

Цвітіння, плями жовто-зеленого кольору на поверхні води, Чорного моря – однієї із найглибоководніших внутрішніх водойм світу (максимальна глибина складає 2210 м, середня – 1240 м) зафіксоване у червні 2019 р. в акваторії прибережних морських вод в районі Одеської затоки. У межах Чорного моря найчастіше це явище спостерігається в теплий період року на північно-західному шельфі. У результаті досліджень співробітників Українського національного центру екології моря, в пробах води виявлено 99 % синьо-зеленої мікроводорості нодулярії піноутворюючої *Nodularia spumigena* (*Cyanoprokaryota*). Подібне масове явище – перше цвітіння води, викликане масовим розвитком нодулярії, спостерігалось ще у 2010 р. Тоді воно охоплювало близько 80 % площі північно-західного шельфу Чорного моря. З того часу щорічно відбувається «цвітіння» води, викликане масовим розвитком нодулярії, що охоплює різні за розміром площі. Нодулярія належить до токсичних мікроводоростей, як і всі ціанобактерії. Небезпечний токсин для життя тварин та людини мікроводорість продукує при низькій солоності вод (менше 9 ‰). Розвиток мікроводоростей триває 30–35 днів за умов штилю. У 2020 р. цвітіння вод тривало рекордні два місяці. Величезні жовто-зелені плями зафіксовано навіть у відкритому морі, з'явився неприємний запах води [1; 5]. У Чорному морі, на відміну від інших морів, вода містить кисень лише у верхньому пласті води – до глибини 200 м, решта товщі насичена H₂S. Сірководень

Чорного моря надійно захищений товщею води, проте верхній кисневий шар Чорного моря стає все більш тонким. Цьому сприяють глобальні кліматичні зміни, евтрофікація, що ведуть до інтенсивного поширення тут ціанобактерій і водоростей, що заважають проникати у товщу води сонячного світла і тому перешкоджають фотосинтезу рослин із виділенням кисню. А оскільки скорочується киснева межа, то, відповідно, збільшується об'єм сірководню в Чорному морі. Цвітіння води притаманне і Азовському морю. У липні 2020 р. його узбережжя теж вкрили шматочки водоростей, вода зазеленіла.

Висновки. Внаслідок токсичного, мікробіологічного та біогенного забруднення відбувається погіршення екологічного стану прибережних та територіальних вод Чорного і Азовського морів України, особливо причорноморських лиманів, значні ділянки яких входять до складу природно-заповідного фонду чи використовуються з рекреаційною метою. Основними джерелами забруднення вод є скиди з промислових об'єктів, неналежний стан інфраструктури водовідведення та очисних споруд, недотримання норм водоохоронних зон, змив та дренажування токсичних речовин із земель сільськогосподарського призначення. Основні речовини, що призводять до забруднення, – сполуки важких металів, азоту і фосфору, нафтопродукти, деколи сульфати, поверхнево-активні речовини, зростає забруднення медичними відходами та мікропластиком. Діюча система моніторингу вод не відповідає сучасним європейським стандартам, система державного управління у сфері охорони вод потребує реформування. На державному рівні необхідно вводити обмеження використання фосфатів у мийних засобах та впровадження європейських стандартів в регулюванні цієї сфери. В більшості країн Європейського Союзу ці обмеження вже введені, а в Австрії, Німеччині, Італії, Нідерландах взагалі заборонене використання фосфатовмісних мийних засобів у побутовому використанні. Потрібно надавати державну підтримку програмам екологічного оздоровлення річок, води яких надходять у моря, суттєво скорочувати забруднення води, впроваджувати заходи, спрямовані на зміну їхніх гідрологічних параметрів. Постійно моніторити концентрацію небезпечних водоростей у воді у сприятливий для їх розмноження період. Використовувати механічні методи регулювання рівнів «цвітіння». Проводити екологічні акції та інформаційні кампанії з метою зменшення рівня побутового використання фосфатовмісних детергентів.

Список використаних джерел:

- [1] Ашпін, Микола. (2020). Цвітіння води: причини та наслідки. Ecogrizzly. Відновлено з <https://ecogrizzly.shop/water-blooms-causes-consequences>.
- [2] Безруков, Ю. Ф. (2006). *Океанология. Физические явления и процессы в океане* (Ч. I.) Симферополь: Таврический нац. ун-т им. В. И. Вернадского.
- [3] Гуляева, Оксана. (2020). *Проблема цвітіння води в Україні: як її вирішити?* УКРГІДРОЕНЕРГО. Відновлено з https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/problema-cvitinnya-vodi-v-ukraini-yak-ii-virishiti.
- [4] Хільчевський, В. К. & Дубняк, С. С. (2008). *Основи океанології*: Київ: Видав.-поліграф. центр «Київ. ун-т».
- [5] Цвітіння Чорного моря. (2019). Державна екологічна інспекція України. Відновлено з <https://www.dei.gov.ua/posts/448>.