

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ М.М. Барановський
« _____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 162 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ»

**Тема: «Аналіз українського та світового досвіду подолання цвітіння
водойм»**

Виконавець: студентка ЕБ-206М групи

Гончаренко К.О.

Керівник: к. б. н., доцент кафедри біотехнології

Петюх Г.П.

Консультант розділу «Охорона праці»:

Павлиш В. Д.

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»:

Рябчевський О.В.

Нормоконтролер:

Дражнікова А.В.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра біотехнології

Спеціальність: 162 «Біотехнології та біоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М. М. Барановський

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Гончаренко Катерини Олександрівни

1. Тема дипломної роботи «Аналіз українського та світового досвіду подолання цвітіння водойм» затверджена наказом ректора від «15» вересня 2020 р. №16571/ст.
2. Термін виконання роботи: з 05 жовтня 2020 року по 31 грудня 2020 року.
3. Вихідні дані роботи: літературні джерела щодо загальної характеристики явища «цвітіння» водойм, аналізу світового досвіду подолання «цвітіння» водойм, стану річкових систем України, аналізу українського досвіду подолання «цвітіння» водойм.
4. Зміст пояснювальної записки: РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯВИЩА «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ; РОЗДІЛ 2. СВІТОВИЙ ДОСВІД ПОДОЛАННЯ «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ; РОЗДІЛ 3. УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ПОДОЛАННЯ «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ; РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ; РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА; ВИСНОВКИ; СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: 2 таблиці, 17 рисунків.

6. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Пошук літературних джерел за темою дипломної роботи	05.10.20 – 25.10.20	
2	Оброблення знайденого літературного матеріалу	31.10.20 – 15.11.20	
3	Написання основної частини	15.11.20 – 30.11.20	
4	Написання висновків	01.12.20	
5	Оформлення дипломної роботи	01.12.20 – 06.12.20	
6	Перевірка дипломної роботи керівником	07.12.20	
7	Виправлення виявлених недоліків	07.12.20 – 14.12.20	
8	Захист дипломної роботи	22.12.20	

7. Консультанти з окремих розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Старший викладач Павлиш В.Д.		
Охорона навколишнього середовища	к.т.н, доцент кафедри екології Рябчевський О.В.		

8. Дата видачі завдання: «5» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи: _____ Петюх Г.П.

(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання: _____ Гончаренко К.О.

(підпис випускника)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Аналіз українського та світового досвіду подолання цвітіння водойм»: 88 с., 17 рис., 2 табл., 78 літературних джерела.

Об'єкт дослідження – процеси у водних екосистемах які призводять до їх «цвітіння».

Предмет дослідження – водні ресурси як джерела чистої питної води.

Мета роботи – проаналізувати світовий та український досвід подолання «цвітіння» водойм і визначити заходів по регулюванню цього явища в Україні.

Методи дослідження: узагальнення поняття евтрофікації, «цвітіння» водойм, аналіз наукових розробок вітчизняних і закордонних вчених з проблем подолання «цвітіння» водойм. Теоретичною основою є підручники, монографії, наукові статті, статистичні дані, роботи фахівців по досліджуваній темі

Практичне значення дипломною роботи полягає у комплексному аналізі світового та українського досвіду подолання «цвітіння» водойм та виявленні основні способи боротьби з «цвітінням» водойм.

Особистим внеском до ідей та розробок вітчизняних фахівців у сфері екологічної безпеки та водокористування є їх узагальнення та доповнення.

«ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ, ЕВТРОФІКАЦІЯ, АНТРОПОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ФІТОПЛАНКТОН, СИНЬО-ЗЕЛЕНІ МІКРОВОДОРСТІ, СПОСОБИ ПОДОЛАННЯ, РІЧКОВІ СИСТЕМИ, СВІТОВИЙ ДОСВІД, УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯВИЩА «ЦВІТІННЯ»	
ВОДОЙМ.....	10
1.1. Характеристика явища «цвітіння» водойм.....	10
1.2. Механізм розвитку та наслідки евтрофікації водойм	13
1.3. Фітопланктон, який бере участь у «цвітінні» водойм.....	17
1.4. Способи подолання «цвітіння» водойм.....	22
1.4.1. Механічні способи	23
1.4.2. Фізико-хімічні способи	25
1.4.3. Біологічні способи	27
1.4.4. Екологічні способи	29
1.5. Висновки до розділу.	29
РОЗДІЛ 2. СВІТОВИЙ ДОСВІД ПОДОЛАННЯ «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ.....	31
2.1. Досвід подолання «цвітіння» водойм Північної Америки	32
2.2. Європейський досвід подолання «цвітіння» водойм	36
2.3. Австралійський досвід подолання «цвітіння» водойм.....	38
2.4. Досвід подолання «цвітіння» водойм Східної Азії	39
2.5. Висновки до розділу	41
РОЗДІЛ 3. УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ПОДОЛАННЯ «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ	43
3.1. Стан річкових систем України.....	43
3.2. «Цвітіння» водойм в Україні	46
3.3. «Цвітіння» дніпровського каскаду водосховищ	49
3.4. Способи подолання «цвітіння» водойм в Україні	54
3.4.1. Проведення екологічних акцій та інформаційних кампаній ..	55
3.4.2. Посилення проточності і збільшення водообміну.....	56

3.4.3. Аерація водойм.....	57
3.4.4. Біологічна меліорація водойм.....	58
3.4.5. Механічне видалення водоростей та їх переробка.....	58
3.4.6. Використання <i>Chlorella vulgaris</i>	60
3.5. Заходи по регулюванню «цвітіння» водойм	61
3.6. Висновки до розділу	62
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при дослідженні «цвітіння» водойм.....	64
4.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при дослідженні «цвітіння» водойм.....	66
4.2.1. Розрахунок загальнообмінної вентиляції для нормалізації температури робочого приміщення – лабораторії кафедри біотехнології НАУ	69
4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки під час дослідження «цвітіння» водойм	70
4.4. Висновки до розділу	72
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	73
5.1. Антропогенні джерела забруднення водойм.....	73
5.2. Наслідки антропогенного забруднення водойм.....	75
5.3. Висновки до розділу	78
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80

ВСТУП

Актуальність теми. Річкові системи України активно використовуються у промисловій галузі. Антропогенна евтрофікація, що розвивається в результаті промислового водокористування, спорудження на водозборах промислових об'єктів і скиданням великої кількості стічних вод у річки, перевищує самоочисну здатність водних систем та призводить до їх ресурсної деградації [1].

Загроза антропогенної евтрофікації водойм стала усвідомлюватися тільки в другій половині минулого століття. Коли вміст у воді фосфору, азоту, калію перевищує критичний рівень, прискорюються життєві процеси водних організмів. Як наслідок, починається масовий розвиток планктонних водоростей – «цвітіння» водойми – вода набуває неприємного запаху і присмаку, її прозорість знижується, збільшується кольоровість, підвищується вміст розчинених і завислих органічних речовин [2]. Оскільки фітопланктон через масове розмноження споживають велику кількість кисню, його залишкові концентрації стають недостатніми для існування інших гідробіотнів.

Актуальністю теми є вивчення інтенсивної антропогенної евтрофікації річок України, що призводить до їх «цвітіння» і до різкого погіршення якості питної води.

Спалахи фітопланктону вперше стали помітною проблемою для Дніпра в середині минулого сторіччя внаслідок наповнення водосховищ і затоплення земель разом з рештками рослинності [3]. Додаткове джерело, що провокує бурхливе «цвітіння» – масове використання фосфатовмісних мийних засобів та мінеральних добрив, які потім потрапляють у водойми. Сьогодні це явище має сезонний характер, зумовлюючи дисбаланс в екосистемах [4].

В Україні та в світі по-різному підходять до врегулювання проблеми «цвітіння» водойм. Тому аналіз світового та українського досвіду подолання цього явища є доцільним та дозволить виявити оптимальні заходи превентивного характеру.

Значний внесок у вивчення та розробку методів подолання евтрофікації та

«цвітіння» водойм зробили вітчизняні та закордонні вчені В.І. Щербак, Н.В. Майстрова, В.І. Вишневський, С.А. Шевчук, В.В. Никифоров, О.Г. Морозова, Н.І. Богданов, Девід Шиндлер, W.M. Dunstan, J.H. Ryther, V.H. Smith.

Метою нашої роботи проаналізувати світовий та український досвід подолання «цвітіння» водойм і визначення заходів по регулюванню цього явища в Україні.

Завдання дипломної роботи:

1. Охарактеризувати явище «цвітіння» водойм та причини його виникнення.
2. Визначити основні способи подолання «цвітіння» водойм.
3. Проаналізувати світовий досвід подолання «цвітіння» водойм.
4. Проаналізувати сучасний стан річкових систем, основні причини прояву та досвід регулювання «цвітіння» водойм України.
5. Обґрунтувати перспективні заходи по регулюванню явища «цвітіння» водойм в Україні.

Об'єкт дослідження – процеси у водних екосистемах які призводять до їх «цвітіння».

Предмет дослідження – водні ресурси як джерела чистої питної води.

Методи дослідження. Методологічною основою дослідження є узагальнення поняття евтрофікації, «цвітіння» водойм, аналіз наукових розробок вітчизняних і закордонних вчених з проблем подолання «цвітіння» водойм.

Теоретичною основою є підручники, монографії, наукові статті, статистичні дані, роботи фахівців по досліджуваній темі.

Практичне значення дипломною роботи полягає у комплексному аналізі світового та українського досвіду подолання «цвітіння» водойм та виявленні основних способів боротьби з «цвітінням» водойм.

Особистим внеском до ідей та розробок вітчизняних фахівців у сфері екологічної безпеки та водокористування є їх узагальнення та доповнення.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯВИЩА «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ

1.1. Характеристика явища «цвітіння» водойм

«Цвітіння» водойми – це комплексне явище, що супроводжується зміною забарвлення води внаслідок масового розмноження (спалаху) фітопланктону. Це явище спостерігається у всіх типах водойм, природних та штучних, морських (переважно в прибережних районах) чи континентальних. В зарубіжній літературі це явище називається шкідливим «цвітінням» водоростей (harmful algal bloom). Цьому сприяє збільшення евтрофікації водойм [5].

Концентрації таких біогенних елементів у водоймі, як азот та фосфор, вуглець, кремній і деяких інших елементів (К, Fe, Mn і т.д.), характеризують трофність («кормність») водних об'єктів. Поняття трофності було вперше сформульоване ще у 20-х роках минулого століття Е.Науманом і А.Тінеманом. Вони запропонували за типом трофності розрізняти оліготрофні (слабко евтрофіковані), мезотрофні (середньоевтрофіковані) та евтрофні (сильно евтрофіковані) водойми. У середині ж ХХ століття шведський вчений В.Оле дещо удосконалив їхню ідею, спираючись на теорію безперервної динаміки водних екосистем, які характеризуються певним типом та інтенсивністю кругообігу речовини та енергії. За його переконанням, залежно від кількості біогенних сполук, які потрапляють у водне середовище, може відбуватися перехід оліготрофних водойм у мезотрофні та евтрофні – найбільш біологічно продуктивні. Але при перевищенні деякого критичного рівня біогенних речовин настає стадія гіпертрофії, яка проявляється у погіршенні якості води. Підхід В.Оле був доповнений російським гідробіологом Г.Г.Вінбергом, який обґрунтував необхідність балансових оцінок енергетичних потоків у екосистемах для прогнозування напрямків їхнього розвитку. Режим надходження і виведення біогенних елементів у водних об'єктах розглядався ним як вихідний показник їх потенційної евтрофікації.

Для зміни поживних режимів водойм лімітуючими факторами виступають концентрації азоту та фосфору у воді. Вважається, що евтрофікація розпочинається за вмісту у воді азоту у кількості від 0,2-0,3 мг/л, а фосфору від 0,01-0,02 мг/л і більше. У евтрофікованих водоймах відмічається зростання частки амонійного азоту в його загальній кількості. У внутрішньоводоймних колообігах фосфору відводиться регулююча роль: за зростання його концентрації посилюється споживання кремнію діатомовими водоростями і більш повно використовується азот фітопланктоном, скоріш за все, фосфор стимулює біологічну фіксацію азоту [4].

Уміст біогенних сполук у водоймах може збільшуватись унаслідок автохтонних процесів (природна евтрофікація) – розклад органічних речовин, азотфіксація та перехід у воду біогенних елементів, захоронених у донних відкладеннях – і внаслідок надходження біогенних сполук іззовні, з алохтонних джерел (антропогенна евтрофікація) – вимивання з полів, надходження стічних вод сільськогосподарських комплексів (відходи тваринництва), комунально-побутових та промислових стічних вод, які містять значну кількість азоту й фосфору. Антропогенна евтрофікація також відома як «культурна евтрофікація» [6].

За джерелами надходження біогенів антропогенної евтрофікації поділяється на: урбогенну, виникає внаслідок скидання неочищених вод сполуками фосфору та азоту міських стічних вод; агрогенну, причиною якої є вимивання ґрунтовими водами й зливами мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь; зоогенну внаслідок забруднення водойм стоками тваринницьких ферм або при багаторазовому водопої та купанні великих черед худоби [3].

Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів (фітомікробентос, нитчасті водорості) [6].

У рибогосподарствах евтрофікація може бути наслідком накопичення фосфорних та азотних сполук з екскрементів риб через велику щільність посадки риб. До того ж, у ставкових господарствах евтрофікацію створюють цілеспрямовано, через внесення мінеральних добрив для підвищення кількості планктону – основної кормової бази риб.

Збільшення біомаси фітопланктону позитивно впливає на функціонування водних екосистем: збільшується кормова база для водних організмів наступних трофічних рівнів, примножується кількість та біомаса гетеротрофів. Однак з часом виникає невідповідність між накопиченням біомаси фітопланктону, утворенням органічної речовини та кількістю кисню, що використовується для біологічного руйнування та хімічного окислення органічних речовин - утворюється більше органічної речовини, ніж можна розщепити мікроорганізмами. Органічні речовини забруднюють водні маси й одночасно стимулюється подальший ріст біомаси фітопланктону, а процес евтрофікації ще більше поглиблюється та прискорюється [7].

Ступінь і швидкість евтрофікації визначаються не лише надходженням біогенних сполук. Цей процес залежить від інтенсивності водообміну, глибини водойми, об'єму води та ступеня насичення водних мас киснем. У глибоких водоймах з достатнім водообміном евтрофікація відбувається дуже повільно, тоді як у слабопроточних та мілководних водоймах – прискорено [6].

На розмноження і накопичення синьо-зелених мікродоростей впливають такі умови, як: метеокліматичні – швидкість вітру, температура середовища, інтенсивність сонячного випромінювання, опади; гідрологічні – прозорість води, швидкість течії; біологічні – водяна рослинність та ін.

Вважається, що одним з головних стримуючих факторів розвитку «цвітіння» є швидкість течії. Найбільший ступінь «цвітіння» можна спостерігати в умовах штилю спокійній і відносно високій температурі на мілководді [8].

Основними антропогенними факторами, які призводять до «цвітіння» є:

- недотримання режиму господарської діяльності в прибережних захисних смугах;
- надлишок стічних вод міст, промислових та аграрних підприємств, які містять сполуки нітрогену, фосфору, заліза, кремнію та органічних речовин;
- використання в сільськогосподарському виробництві мінеральних та органічних добрив, пральних засобів сприяє забрудненню фосфором.

Одним із найбільш надійних критеріїв для діагностики природної і антропогенної евтрофікації виступає швидкість її розвитку. Розвиток природної

евтрофікації водойм займає сотні років, а антропогенної обмежується кількома роками чи, у кращому випадку, десятиліттями [9].

1.2. Механізм розвитку та наслідки евтрофікації водойм

Збагачення води біогенними елементами, особливо азотом і фосфором, викликає посилене «цвітіння» водойми масовий розвиток водоростей. «Цвітіння» водойми, в свою чергу, запускає ланцюжок наслідків, які несприятливим чином впливають як на існування природних екосистем, так і на здоров'я населення, яке мешкає поблизу водойм [10].

Цей процес супроводжується зміною забарвлення води. Забарвлення воді надається в зв'язку з високою концентрацією пігментованих клітин. Вода часто стає зеленого (зелені і синьо-зелені водорості), але також може бути жовто-коричневого (діатомові) або червоного кольору (багрянки), в залежності від виду водоростей [6].

Швидкість розмноження синьо-зелених мікроводоростей до пов'язана з витривалістю до екстремальних температур і концентрацій солей, низькому вмісту поживних речовин та кисню, слабкої освітленості, наявності сірководню, до міксотрофного і хемогетеротрофного живлення, а також здатністю багатьох з них до фіксації азоту. Період домінування синьо-зелених мікроводоростей пов'язаний з пригніченням усіх інших компонентів фітопланктону внаслідок затемнення води (утворення «плям цвітіння») (рис.1.1)., перехоплення біогенних елементів і впливу токсичних виділень на інші планктонні види [11]. Біомаса мікроводоростей коливається в межах 10-100 мг/л. «Цвітіння» водойм визначають по біомасі водоростей: слабе – 0,5-0,9 мг/л; помірне – 1,0-9,9; інтенсивне – 10,0-99,9; гіперцвітіння – більше 100 мг/л [12].

Під час масового спалаху фітопланктону на поверхні водойм формуються слизоподібні плівки – «плями цвітіння», де їх біомаса складає 40 – 50 кг/м³. За забарвленням, у межах плям, спостерігаються зони зеленої, блакитної, бурої та білої плівок, де водорості перебувають на різних етапах деструкції [13].



Рис.1.1. Утворення «плям цвітіння»

В евтрофікованих водоймах суттєво змінюються фізико-хімічні властивості середовища.

Інтенсивне «цвітіння» супроводжується виділенням метаболітів, що шкодить водно-прибережним рослинам, а також погіршує кисневий режим. Через створення плівки із мікрводоростей на поверхні водойм, відбувається перешкодження природньому проходженню обмінних процесів між водною товщею та повітрям, використання доступного кисню на життєдіяльність водоростевої маси, що розвинулась у великій кількості [6].

Шар води, що «цвіте», може досягати 10-15 см завтовшки. Цей процес можна пояснити малим проникненням сонячних променів углиб водойми і, як наслідок, відсутністю фотосинтезу у рослин, що ростуть на дні, а значить і кисню. Це призводить до зменшення кількості кисню у водній товщі, загибелі донних рослин та від нестачі світла та має серйозні наслідки для усіх гідробіонтів. Після відмирання придонних рослин відбувається загибель організмів, чий життєвий цикл був з ними асоційований .

Коли водорості починають неконтрольовано рости, утворюється дедалі більша біомаса та настає фаза масового відмирання водоростей. Мертва органічна речовина стає їжею для мікроорганізмів, які її розкладають. Для знищення всіх мертвих водоростей відбувається надмірне споживання кисню мікроорганізмами. Таким

чином на дні водойми створюється аноксичне (безкисневе) середовище із зростанням організмів, здатних жити за відсутності кисню (анаеробного), відповідальних за деградацію біомаси. В результаті цього різко погіршується якість води: з'являється дефіцит кисню, у придонних шарах води з'являються анаеробні зони (розчинений у воді кисень найчастіше спостерігається лише в поверхневому шарі води), зростає каламутність і знижується прозорість води (0,5–2 м), у воді накопичуються токсичні метаболіти (сірководень, болотний газ або метан) [6].

Процес розкладу біомаси синьо-зелених водоростей можна поділити на два етапи. На першому з них первинні анаеробні бактерії піддають ферментативному гідролізу та бродінню білків, ліпідів та полісахаридів з утворенням нижчих карбонових кислот, спиртів, альдегідів, кетонів, CO_2 і H_2 . На другому етапі вторинні анаероби використовують метаболіти первинних анаеробів як субстрат для перетворень. Сульфат-редукція є основним процесом не тільки анаеробної мінералізації біомаси ціанобактерій, завдяки сульфат-редукції проходить і метаморфізація донних відкладів водосховищ [14].

Накопичення надлишкової кількості органічних речовин у донних відкладеннях супроводжується утворенням метану, водню, сірководню та аміаку, які виділяються у формі бульбашок, а при розчиненні у воді надають їй неприємного запаху й виявляють токсичну дію на рибу і безхребетних, особливо взимку, у підлідний період. Вода стає непридатною для тварин і використання людьми. «Цвітіння» водойми призводить до утворення зон замору або придухи риби (рис.1.2.), що в свою чергу завдає великих збитків рибному господарству [13].

Також під час масового розвитку синьо-зелених мікродоростей у водне середовище надходить значна кількість токсичних метаболітів, що може призвести до загибелі зоопланктону та риби. Серед них найбільш небезпечні алкалоїди, які викликають важкі захворювання нервової системи в біоти.

Вживання води з токсинами призводить до виникнення гастроентеритів і інших шлунково – кишкових захворювань, сильного м'язового болю та судом. Також після купання у воді з альготоксинами, людина може захворіти на кон'юнктивіт, можуть спостерігатись алергічні ураження шкіри і слизових покривів [6].



Рис.1.2. Загибель риби, як наслідок «цвітіння» водойми.

До технологічних наслідків належать ускладнення методів водопідготовки; перешкоди в оборотному водопостачанні і замкнутих циклах; перешкоди в системах теплових і атомних електростанцій; технічному водопостачанні та ін.

До економічних наслідків відносять збільшення витрат на водопідготовку, скорочення природно-ресурсного потенціалу водного об'єкта, у тому числі рекреаційного і рибогосподарського; погіршення якості продукції як наслідок погіршення якості води; необхідність здійснення оздоровчих заходів серед населення; витрати на розробку і реалізацію технічних рішень щодо поліпшення з управління водними ресурсами, а також витрати на здійснення комплексу екологічних заходів на водозборі, спрямованих на зниження антропогенної евтрофікації і досягнення еколого-гігієнічної безпеки [3].

1.3. Фітопланктон, який бере участь у «цвітінні» водойм

Представники синьо-зелених мікроводоростей (*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*) є основними формами, які найчастіше зустрічаються в прісних водоймах переважно зі сповільненим стоком та на ґрунтових скупченнях; а також є аерофільними формами, що зумовлюють «цвітіння» будівельних матеріалів, споруд, пам'ятників і кори дерев. Дінофітові (*Ceratium*, *Alexandrium*) та діатомові водорості

(*Dinophysis*, *Chaetoceras*) є збудниками «цвітіння» в морях, океанах й опріснених ділянках лиманів чи осолоненій придельтовій частині річок. Водночас серед діатомових водоростей відомі ще й аерофільні форми (*Diatoma*, *Nitzschia*). Зелені водорості (*Scenedestus*, *Coelastrum*, *Chlatotydomonas*) – представники прісних водойм, що активно розвиваються в ставках та ефемерних водоймах (калюжах) – *Topaczewskiella*, *Chlorella*, *Ulothrix* тощо. Євгленові водорості (*Euglena*, *Tracheomonas*) виявлені в масовій кількості в надмірно забруднених водоймах ставкового типу й калюжах, у комунальних стічних водах, багатих на органічні сполуки та в азотовмісних промислових стічних водах.

У морях й океанах «цвітіння» викликають переважно діатомові й дінофітові, а також синьо-зелені мікрowodорості.

«Цвітіння» також можуть викликати макроводорості, які не належать до планктону. Його можна впізнати по великих обсягах водоростей, що їх прибиває до берега і які роблять воду темною.

Найчастіше викликають «цвітіння» прісних водойм в Північній півкулі синьо-зелені (види родів *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* та ін), у Південній – діатомові. Масовим розвитком у водоймах помірних широт характеризується група синьо-зелених мікрowodоростей (*Cyanophyta*, *Cyanoprokaryota*, *Cyanobacteria*), більшість видів якої є токсичними та потребують належної уваги.

Синьо-зелені мікрowodорості (*Cyanophyta*), або ціанобактерії, є єдиною групою фітопланктону, здатною використовувати атмосферний азот (N_2), як джерело нітрогену через його фіксацію. Крім того, вони здатні поглинати фосфор (P), що перевищує потреби клітини, і зберігати його для подальшого використання в умовах дефіциту фосфору. Ці фізіологічні ознаки дозволяють ціанобактеріям жити в середовищах і збагачених поживними речовинами, і дефіцитних. У табл. 1 представлені фактори навколишнього середовища, що впливають на розвиток синьо-зелених мікрowodоростей та утворення «цвітіння».

Таблиця 1.1

Фізико-хімічні фактори навколишнього середовища, що впливають на розвиток синьо-зелених мікроводоростей та утворення «цвітіння»

Фактори	Вплив
Фізичні фактори	
Температура	Температура > 15 °C сприяє зростанню мікроводоростей. Багато видів мають температурний оптимум > 20 °C.
Світло	Більшість родів синьо-зелених водоростей віддають перевагу/переносять інтенсивне світло. Деякі види пристосовані до тіні.
Швидкість течії	Більшість представників мікроводоросте віддіють перевагу малопроточним водоймам.
Водообмін	Слабкий водообмін спричиняє спалах розвитку синьо-зелених мікроводоростей.
Хімічні фактори	
Основні біогенні елементи (N і P)	Підвищення вмісту цих елементів у водоймі призводить до масового розмноження мікроводоростей, у тому числі й азотфіксуючих представників.
Fe та інші метали	Fe необхідний для фотосинтезу, фіксації N та є одним із лімітуючи факторів. Наявність інших металів (Cu, Mo, Zn, Co) сприяють розвитку мікроводоростей, але не є лімітуючи ми факторами.
Розчинений неорганічний C	Вживання при низькому рівні розчиненого неорганічного C і високі значення рН забезпечують домінування синьо-зелених мікроводоростей.
Розчинений органічний C	Більшість представників здатні утилізувати розчинений органічний C. У водоймах, збагачених розчиненим органічним C, спростерігаєть явище «цвітіння».
Солоність	Деякі преставники (наприклад, <i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i>) не розвиваються в солоних водоймах. Представники роду <i>Nodularia</i> розвиваються в солоних водоймах.

Деяких представники синьо-зелених мікроводоростей продукують токсини. Кожний токсин має певні специфічні властивості, включаючи ушкодження печінки, нейротоксичність і утворення пухлин. Гострими симптомами є розлади шлунково-кишкового тракту, лихоманка, подразнення шкіри, вух, очей, горла та дихальних шляхів. Вони добре розчинні у воді, безбарвні, не мають запаху, досить стійкі (термічно не руйнуються), що сприяє їхньому накопиченню у воді та передачі по трофічних ланцюгах. У більшості синьо-зелених мікроводоростей активне

утворення токсинів відбувається за рН середовища 8,5 – 10,0 і температурі води в 25 – 28°C. Токсини водоростей зберігають свою активність у водному середовищі протягом 20-ти діб [6].

Токсини поділяють з механізмом дії на гепатоксини (мікроцистін і циліндроспермопсин), нейротоксини (анатоксин-а, сакситоксини і анатоксин-а /S/) і подразники або запальні агенти (ліпополісахариди). Гепатоксини продукуються різними видами в межах родів *Microcystis*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Cylindrospermopsis* і *Umezakia* [15].

Рід *Microcystis* – мікроскопічні прісноводні водорості, клітини яких містять газові везикули. Клітини зазвичай організовані в агрегати неправильної форми. Найвідомішим представником роду є *Microcystis aeruginosa* – небезпечний збудник «цвітіння» в стоячих і повільно текучих прісних водоймах, особливо у мілководних водосховищах. Мікрowodорість виділяє токсини з групи гепатотоксинів (мікроцистіни). Розвитку «цвітіння» сприяють підвищена температура води, високий уміст біогенних елементів (азоту, фосфору, калію), відсутність перемішування водної товщі.

Види роду *Oscillatoria* розповсюджені в стоячих та повільнотекучих прісних континентальних водоймах, морях і ґрунтах. При масовому розвитку ці водорості утворюють синьо-зелені плівки, які вільно плавають або обростають різні субстрати. Деякі морські види здатні викликати токсичні «цвітіння» водойм.

Усі види роду *Aphanizomenon* – небезпечні збудники «цвітіння» водойм. Так, у водосховищах дніпровського каскаду близько 20 % випадків «цвітіння» зумовлює *A. flos-aquae*. Окремі форми цього виду також спричинюють «цвітіння» в Азовському морі.

Види роду *Anabaena* розповсюджені в прісних і солоних, стоячих або повільнотекучих водойм, розвиваються в ґрунтах та на їх поверхні. Деякі види роду влітку часто викликають токсичне «цвітіння» водойм. До них належать *A. scheremetievi*, *A. spiroides* та *A. flos-aquae*.

Рід *Euglena* (відділ *Euglenophyta*) – об'єднує прісноводні водорості. Деякі види евглен за сприятливих умов можуть викликати нетоксичні зелені або червоні

«цвітіння» водойм. На території України найбільш поширеними видами цього роду є *E. viridis*, *E. acus* та *E. spirogyra*.

Рід *Trachelomonas* (відділ *Euglenophyta*) належить до найбільш розповсюджених на території України, переважно в невеликих водоймах зі стоячою водою або слабкою течією, болотах, озерах, ставках та ін. Під час масового розмноження *Trachelomonas* вода набуває бурого кольору з різними відтінками. Найчастіше трапляються *T. volvocina*, *T. intermedia*, *T. hispida* та *T. Armata*.

Динофітові водорості (*Dinophyta*) майже виключно планктонні, що надають перевагу добре освітленим при поверхневим водам. Вони поширені в прісноводних середовищах та можуть бути виявлені в широкому діапазоні трофічних станів, від оліготрофних водойм до гіперотрофних.

Прискорене зростання і скупчення динофітових водоростей у приповерхневих водах може спричинити «цвітіння» водойми. Як і інші представники фітопланктону, що утворює «цвітіння», при евтрофікації має тенденцію до посилення росту. Ключем до їх інтенсивного цвітіння є здатність швидко мігрувати між багатими поживними речовинами глибокими та поверхневими водами, тим самим задовольняючи потреби як у поживних речовинах, так і в світлі. Велика густина клітин (100000 кл/мл) викликає цвітіння блідо зеленого, жовтого, червоно та коричневого кольору. Завдяки високій щільності та багатому вмісту каротиноїдів вони утворюють вражаючі «цвітіння», відомі як «червоні припливи». Часом це може призвести до масових накопичень гнилої біомаси у поверхневих водах, що спричиняє погіршення якості води, включаючи запах та смак, гіпоксію та втрату естетичного та рекреаційного значення вод.

Представники родів *Alexandrium*, *Heterosigma*, *Noctiluca* та *Gymnodinium*, що мешкають у солоній воді, виробляють токсини, негативно впливаючи на широкій спектр біоти, від безхребетних до риб, великих ссавців та людей. Прісноводні представники, як правило, не токсичні.

Рід церациум – *Ceratium*. Більшість видів цього роду мешкає в морях і лише окремі представники трапляються в планктоні прісних континентальних водойм.

Види роду *Peridinium* мешкають переважно в морському планктоні й лише

близько 15 % видів трапляються в континентальних прісних водоймах.

Види *Dinophysis* мешкають у планктоні морів холодного, помірною та субтропічного поясів.

Деякі з представників роду *Prorocentrum* викликають токсичне «цвітіння» в морях та приморських лиманах. Зокрема, у Чорному морі – небезпечним збудником «цвітіння».

Деякі види роду *Cryptomonas* (відділ *Cryptophyta*) дуже поширені, найчастіше трапляються в забруднених водоймах, де можуть викликати «цвітіння». Беруть активну участь у процесах самоочищення забруднених органічними речовинами вод. Типові планктони, населяють переважно придонні шари води або розвиваються серед нитчастих водоростей, мохів чи в заростях вищих водних рослин. Більшість представників роду розвивається в прісних водоймах. Наприклад, *Cryptomonas salina* та *C. stigmatica* є галофілами й часто трапляються у планктоні солоних озер при концентрації солей 40–90 г/л, беруть участь в утворенні лікувальних мулів – пелоїдів; *Cryptomonas cryophila* та *C. frigoris* – кріофіли, які масово розмножуються на поверхні снігу в горах та викликають його брудно-червоне й оливково-зелене «цвітіння».

Золотисті водорості (*Chrysophyta*) мешкають переважно в прісних водоймах і є здебільшого монадними організмами. Провідними родами є *Chromulina*, *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Synura* та *Prymnesium*.

Представники роду *Prymnesium* виробляють токсин, який вражає рибу і та моллюсків, що погіршує якість води в ставках, особливо при високих температурах.

Відомі випадки масового розмноження водорості роду *Synura* в штучних водоймах, зокрема в резервуарах для питної води, унаслідок чого вода набуває неприємного запаху рибацького жиру.

Зелені водорості (*Chlorophyta*) поширені в прісних водоймах, у морях та океанах, у наземних біотопах, на снігу й льоду. Деякі представники цього відділу спричиняють «цвітіння» водойм, але в рідкісних випадках викликають гіпоксію, погіршення смаку і запаху води.

Представники роду *Botryococcus* можуть утворювати плавучі агрегати на

поверхневому шарі води і можуть накопичуватись у вигляді накипу. Незважаючи на те, що це поверхнєве «цвітіння» є естетично шкідливим, воно не обов'язково свідчить про евтрофікацію водойми або погіршення якості води. Наприклад, «цвітіння» ботріококів регулярно трапляється у поверхневих водах озера Таупо, найбільшого озера Нової Зеландії. Це оліготрофне озеро має чудову якість води та відоме фореллю світового класу.

Інші роди, які можуть розмножитись до достатньої кількості, щоб викликати «цвітіння», це – *Sphaerocystis*, *Dictyosphaerium*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*, *Chlamydomonas* та *Chlorococcus*.

Представники роду *Chlamydomonas* мешкають у різноманітних прісних водоймах, де можуть викликати явище «цвітіння» [6].

1.4. Способи подолання «цвітіння» водойм

Надмірне надходження біогенів – лише передумова евтрофікації, що реалізується в певних гідрологічних умовах. Тому їх регулювання широко використовують для попередження евтрофікації, особливо в невеликих водоймах. При надмірному надходженні біогенів та інших умов, для розвитку евтрофікації, вона може бути вилучена різними способами [16].

Способи, які застосовують для боротьби з евтрофікацією водойм та її наслідком – «цвітінням», можна умовно поділити на дві групи: перша – профілактичні заходи; друга – регулюючі заходи.

До профілактичних заходів відноситься повне припинення скидів у водойму неочищених та умовно очищених стічних вод промислових підприємств, аграрних комплексів, побутових стоків.

Для пригнічення масового розвитку синьо-зелених мікроводоростей застосовують такі регулюючі заходи (способи): механічні, фізико-хімічні, екологічні та біологічні. (рис. 1.3).

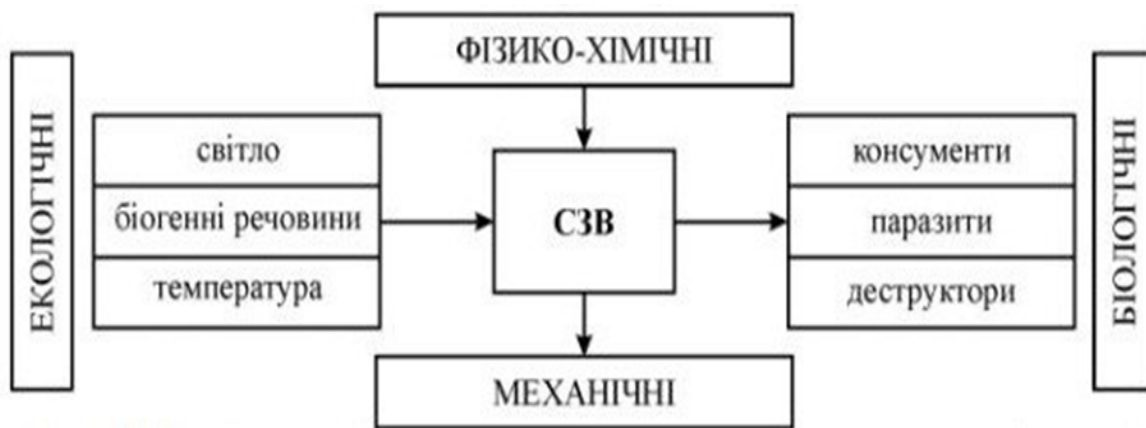


Рис. 1.3. Способи пригнічення масового розвитку фітопланктону.

Серед цих способів попередження масового розвитку фітопланктону найбільш ефективними є біологічні та екологічні, оскільки вони дозволяють позбутись причин, а не наслідків «цвітіння» водойми.

Типовий шлях подолання евтрофікації – зниження фосфорного навантаження на водойми. Однак цей шлях, як правило, важко здійснити: джерела фосфорних сполук не локалізовані, численні, різноманітні і пов'язані з такими сторонами людської діяльності, обмеження яких вимагає зміни способу життя людей [17].

1.4.1. Механічні способи

Аерація – це процес насичення води киснем, що відбувається шляхом пропускання повітря через водне середовище. Аерація застосовується в процесі очищення стічних вод.

У природних умовах кисень з атмосфери досягає лише верхніх шарів води. Процес фотосинтезу допомагає йому потрапляти трохи глибше. На глибині спостерігаються найнижчі концентрації кисню, тому що там відбуваються його витрати.

У місцях дії аераторів локально зростають швидкості течій та посилюються хвильові процеси. Відомо, що зростання швидкості течій призводить до зниження чисельності синьо-зелених мікродоростей, які у штильову та сонячну погоду,

зазвичай, формують плями «цвітіння» водних мас. Посилення гідродинамічних процесів за допомогою аераторів забезпечує додаткове насичення води киснем, вирівнювання водних мас за іншими гідрохімічними, гідрофізичними, гідробіологічними характеристиками, стимулює процеси самоочищення і в цілому покращує умови функціонування екосистеми водойми. Особливо, це актуально для евтрофікованих водойм, що характеризуються анаеробними умовами у придонній зоні. Адже, насичення води киснем зменшує десорбцію з донних відкладів важких металів, сполук фосфору та інших речовин. При аерації водойми розподіл фітопланктону по глибині стає більш рівномірним, при цьому переважний розвиток отримують зелені водорості за рахунок зниження чисельності мікрководоростей.

Існують аератори чотирьох типів: гравітаційні, поверхневі, дифузійні і турбінні, а також конструкції, в яких поєднуються різні ознаки. Згідно з літературними матеріалами, найбільш ефективними у покращенні гідродинамічних процесів та аерації водних мас є механічні аератори [18].

Істотним недоліком використання систем аерації є висока вартість. Аерація великих об'ємів води повітрям економічно не вигідна (65 - 90 коп./м³) [19].

Зі зменшенням інтенсивності водообміну посилюються процеси евтрофікації водних об'єктів, обумовлюючи зміну типу – з лотичного (річкового) на лентичний (озерний).

Ефективним серед локальних методів оздоровлення екосистем водойм є штучне посилення їх зовнішнього водообміну за рахунок додаткового притоку вод з інших водних об'єктів. Такий спосіб обумовить збільшення частки поверхневого притоку у відношенні до інших складових водного балансу водойми.

Не менш важливим заходом регулювання «цвітіння» водойм є зниження токсичної дії забруднених донних ґрунтів, який можливо проводити шляхом виїмки або захоронення (екранування) донних відкладів. Внаслідок значного забруднення поверхневого шару донних ґрунтів проводять їх виїмку. Вилучення донних відкладів з водойм здійснюють механічним способом за допомогою бульдозера після просушення дна або земснаряду на воді. На ділянках водойм, де вилучення забруднених ґрунтів не можливе, рекомендується екранування дна – присипання

донних відкладів шаром чистого піску, глини або сорбуючого матеріалу товщиною 15–30 см. Ці заходи проводять з метою запобігання вивільнення біогенних та забруднювальних речовин з донних відкладів.

Недоліками данного методу є можливе порушення екосистеми водойми, застаріла техніка, великі енерго та трудові ресурси [18].

1.4.2. Фізико-хімічні методи

Альгіциди – це хімічні препарати з групи гербіцидів, призначені для боротьби з «цвітінням» водойм і утворенням водоростей.

Приклади таких сполук: сульфат міді, солі заліза, солі аміну і хлорид «бензалконію». Це хімічні речовини, які за кілька днів вбивають будь-які форми водоростей і запобігають їх появу протягом 1-2 місяців, тобто є досить ефективні.

Застосування альгіцидів, таких як сульфат міді ефективно зменшує часові концентрації синьо-зелених мікродоростей (Boyd & Tucker 1998). Однак альгіциди застосовувати дорого, вони не контролюють першопричину проблеми і несуть ризик для людей, худоби та дикої природи, крім того, що завдають шкоди різноманітним нецільовим водним організмам.

Використання альгіцидів можливе тільки у водоймах, не призначених для господарсько-питного або рибогосподарського застосування, а також у системах зворотного водопостачання. Доцільно використовувати альгіциди лише для боротьби з «цвітінням» в басейнах і штучних водоймах, створених з естетичною ціллю (водойми в парках) [19].

Недоліки використання альгіцидів: несприятливий вплив на життєдіяльності інших гідробіонтів; додавання галунів та інших солей призводить до зміни рН водойми; висока ціна.

До альгіцидів природного походження також відносять солону ячменю. Точний механізм, за допомогою якого ячмінна солома пригнічує ріст водоростей, невідомий. Вважають, що при розкладанні соломи у воді соломи виділяється хімічна речовина (окислені поліфеноли, складні ефіри або пероксид водню), яка запобігає

зростання водоростей. В літературі описано ефективність застосування соломи проти *Microcystis* та *Synura spp.*

Застосування ячмінної соломи це недорогий, ефективний та екологічний метод боротьби з «цвітінням» в лентичних або дуже повільних водних системах.

Недоліками цього методу є короткотривалий ефект та можлива загибель риби через дезоксигенацію водойми, спричинена розпадом соломи [20].

Флокуляція «цвітіння» виникає в результаті багаторазового зіткнення та прикріплення клітин, утворюючи поступово більші агломерати (або флокули), які швидко осідають. Такі хімічні речовини, як галун (Sridhar, Namasivayam, і Prabhakaran 1988), а також широкий асортимент органічних флокулянтів (Tenney et al. 1969), зазвичай додаються для посилення прикріплення частинок (або «липкості») та збільшення швидкості флокуляції. У морських системах деякі спроби повідомлялося про використання флокулянтів, хоча їх результати були обмежена через швидке розведення та високу вартість нанесення (Marvin and Proctor 1967; Shirota 1989). В прісних водоймах додавання галунів може спричинити зміну рН, що негативно впливає на гідробіонтів.

Варіантом цього підходу до хімічної флокуляції є додавання глинистих мінералів, що викликають осідання організмів. (Matsuura et al. 1987; Na, Choi, and Chu 1996; Sengco et al. 2001; Ю, Цзоу та Ма 1994). Ці щільні мінерали сприяють зануренню клітин, незважаючи на рухливість та плавучість організмів. Висока ефективність видалення, швидкість, економічна ефективність і потенційно низькі наслідки розподілу глини на навколишнє середовище зробили його одним із найбільш перспективних методів контролю «цвітіння» (Андерсон, 1997) [21].

Ультразвукова технологія була розроблена для контролю «цвітіння» водоростей. Ця ультразвукова система створює звуковий бар'єр на верхніх шарах води для контролю росту ціанобактерій.

Синьо-зелені мікрowodорості мають газові везикули, що забезпечують їм вертикальну міграцію. Вони прямують до поверхні води, щоб поглинати сонячне світло для фотосинтезу, а на дно – для поживних речовин.

Ультразвукові звукові хвилі створюють звуковий шар у верхньому шарі води,

який впливає на регулювання плавучості водоростей, фіксуючи їх у товщі води. Через нестачу сонячного світла та поживних речовин водорості опускаються на дно водойми, де врешті-решт гинуть і розкладаються.

Для підтримання екологічного балансу система не повністю ліквідує водорості. Це зменшує їх до 90%. Таким чином, водну екосистему можна безпечно відновити, зменшуючи та контролюючи здоровий рівень ціанобактерій.

Однак, завдяки прямому впливу ультразвуку на вертикальний розподіл водоростей у товщі води, ультразвук безпосередньо впливає на здатність виду водоростей формувати «цвітіння».

Недоліками методу є висока вартість ультразвукової технології та необхідність сезонного застосування [22].

1.4.3. Біологічні методи

Біологічна меліорація водойм – система заходів, спрямованих на поліпшення якостей водного середовища за допомогою водних організмів (гідробіонтів). Принцип базується на властивості окремих видів водних рослин і тварин вилучати з води різноманітні речовини та мікроорганізми, очищати від органічних залишків піщані пляжі, прискорювати деєвтрофікацію водойм тощо. Це відбувається через стимулювання життєдіяльності організмів-меліораторів, що досягається створенням оптимальних умов для збільшення в разі потреби їхньої чисельності [23].

Для зменшення «цвітіння» водойм використовують такі види риб: білого товстолоба, гібриду білого та строкатого товстолоба, щуки, судака, а також білого амура. Ці види риб харчуються водною рослинністю і водоростями, що суттєво зменшує чисельність зелених, синьо-зелених та інших водоростей. Тобто якщо у водоймі мешкає достатня кількість рослиноїдних видів риб якість води значно покращується. При цьому риби не отруюються токсинами та не накопичують їх у своєму тілі й не гинуть, якщо «цвітіння» води не переходить певних меж [6].

Використання рослиноїдних риб характеризується мінімальними затратами на вирощування, що свідчить про доцільність біологічної меліорації водойм з метою

нормування використання біотопу для управління динамікою структури альгофлори, а й одержання в результаті якісної рибної продукції низької собівартості. Цей метод регулювання типу «цвітіння» застосовується для рекреаційних водойм, для водойм-охолоджувачів, для водойм питного і комплексного призначення. Основний недолік – тривалість вирощування риби [24].

Вища водна рослинність, яка є основою в водоймі для очищення води, покращує якість води завдяки природним фільтраційним властивостям і здатності поглинати патогенні елементи. Здатність рослинності до накопичення, утилізації, трансформації багатьох речовин робить їх незамінними в загальному процесі самоочищення водойм. Угрупування повітряноводної рослинності, затіняючи водну поверхню та поглинаючи біогенні речовини, виступають антагоністами синьо-зелених мікродоростей у забезпеченні поживних речовин, в результаті чого пригнічують їх розвиток і цим усувають процес «цвітіння» водойм.

Найчастіше використовують такі види рослин, як очерет озерний, рогоз вузьколистий і широколистий, рдест гребінчастий і курчавий, спіродела багатокорінева, елодея, водний гіацинт (ейхорнія), касатик жовтий, сусак, стрілолист звичайний, гречиха земноводна, резуха морська, уруть, хара, ірис та інші. За допомогою ейхорнії можна витягти зі стоків та водойм більшість біогенних елементів, таких, як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку, а також такі інгредієнти, як фенол, сульфати, нафтопродукти, СПАР, фосфати, і можна поліпшити такі показники, як біологічна потреба кисню (БПК) і хімічна потреба кисню (ГПК).

Недоліком використання ейхорнії є те, що рослина стрімко покриває водойми, ускладнюючи доступ до води, судноплавство і рибний промисел.

Відпрацьовані рослини використовують у сільськогосподарському виробництві, як додаткове джерело енергії й елемент у виготовленні ґрунтових сумішей, добрив і компостів. Відпрацьована маса рослин компостується близько двох місяців. Впровадження цієї технології є вигідним заходом, адже маса водоростей після збору може бути використана як корм для тварин і птахів, для виготовлення паперу і біодобрив, переробки на біогаз та рідке паливо [25].

1.4.4. Екологічні методи

Поширеним екологічним методом є контроль біогенних речовин у водоймі, а саме відношення нітрогену до фосфору. Відношення нітрогену до фосфору в компонентах мінерального живлення є чинником, керуючим домінуванням видів у альгоценозах.

Біогенне маніпулювання – полягає в збільшенні у воді евтрофікованої водойми відношення нітрогену до фосфору. Необхідне збільшення досягається не за рахунок зниження кількості фосфору, а за рахунок додавання в евтрофіковану водойму сполук нітрогену. При певних відношеннях в середовищі нітрогену до фосфору, біогенна маніпуляція призводить до придушення «цвітіння» синьо-зелених і домінування протококових мікроводоростей [26].

1.5. Висновки до розділу

«Цвітіння» водойми — це комплексне явище, що проявляється в зміні забарвлення води внаслідок масового розмноження (спалаху) фітопланктону. Воно спостерігається у всіх типах водойм, природних та штучних, морських (переважно в прибережних районах) чи континентальних. «Цвітіння» водойми як гідробіологічний процес зумовлене евтрофікацією (збагачення води біогенними елементами).

Нині уміст біогенних речовин у водних екосистемах може збільшуватись унаслідок антропогенної евтрофікації.

Масштаб явища «цвітіння» водойм визначає велика сукупність чинників. «Цвітіння» водойми, в свою чергу, запускає ланцюжок наслідків, які несприятливо впливають на існування природних екосистем та на здоров'я населення.

У високоевтрофних водоймах для більшості гідробіонтів створюються несприятливі умови існування. У місцях концентрування й розкладу синьо-зелених мікроводоростей масово гине риба внаслідок отруєння токсинами і продуктами розкладу цих водоростей та кисневого дефіциту, що витрачається на їх гниття.

До фітопланктону, що викликає «цвітіння» водойм належать такі представники: синьо-зелені мікроводорості (*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Nostoc*); дінофітові (*Ceratium*, *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Chaetoceras*, *Diatoma*, *Nitzschia*, *Prorocentrum*); зелені водорості (*Scenedestus*, *Coelastrum*, *Chlatotydomonas*); евгленові водорості (*Euglena*, *Tracheononas*).

Для пригнічення масового розвитку синьо-зелених мікроводоростей застосовують такі способи: механічні (аерація, посилення проточності і збільшення водообміну, захоронення донних відкладів) фізико-хімічні (використання альгіцидів, флокулянтів та ультразвуку), екологічні та біологічні.

РОЗДІЛ 2

СВІТОВИЙ ДОСВІД ПОДОЛАННЯ «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ

Вивчення процесів евтрофікації ведеться давно і дуже інтенсивно. Уже в 1970-ті роки працями дослідників різних країн було показано, що рівень розвитку фітопланктону в тому чи іншому озері безпосередньо залежить від кількості що надходить у водойму фосфору. Стоки азоту також мають значення, але тільки при наявності фосфору. Ряд важливих робіт з дослідження евтрофікації був виконаний в 1970-80 рр. в Канаді (провінція Онтаріо), в рамках проекту, що отримав назву «Експериментальна озерна територія» (Experimental Lakes Area). Професор Девід Шиндлер (David Schindler), довгий час керував даним проектом, прийшов до висновку, що вирішальним фактором, що визначає евтрофікацію, є все ж надходження фосфору. Тому зниження саме фосфорного навантаження є найперспективнішим методом боротьби з евтрофікацією та «цвітінням» водойм. Це новаторське відкриття допомогло змінити водну політику у всьому світі. Саме завдяки цьому дослідженню було створено кращі очисні споруди, кращі рекомендації щодо якості води, а також безфосфатні миючі засоби. Ці зміни в політиці призвели до меншої кількості «цвітіння» водоростей через «точкове забруднення джерелом» (де поживні речовини потрапляють безпосередньо у водойму - в даному випадку зі стічних вод) в озерах [27].

Дослідження показують, що проблема евтрофікації актуальна для 54 % прісноводних водойм в Азії, 53 % – у Європі, 48 % – у Північній Америці; 41 % – у Південній Америці, 28 % – в Африці [28].

Складність та різноманітність ефектів евтрофікації утруднює отримання точної оцінки витрат. Евтрофікація прибережних вод Європи оцінюється у понад 1 мільярд доларів на рік. Для Сполучених Штатів евтрофікація озер та водотоків коштує понад 2,4 млрд доларів на рік. Ці оцінки включають втрату вартості майна на березі озера (49%) та втрати від відпочинку (24%). Погіршення смаку та запаху, спричинені евтрофікацією та зростанням концентрації водоростей, призводять до

витрат на придбання бутельованої води (25%). Витрати на охорону видів, що зникають, оцінювались у 2% від загальних втрат.

Рибогосподарство зазнало збитків до 24 мільйонів доларів США після великої загибелі риби внаслідок спалаху росту токсичних водоростей. Як і в ситуації з туризмом, економічний вплив виходить за рамки втрати запасів риби для рибалок, оскільки споживачі риби формують несприятливе сприйняття, яке лише поглиблює фінансові втрати з часом. Дослідження, проведене у 2011 році, оцінило економічні збитки для рибної промисловості в 900 мільйонів доларів лише в США [29].

2.1. Досвід подолання «цвітіння» водойм Північної Америки

«Цвітіння» водоростей вражає багато водойм по всій Північній Америці через надмірну кількість фосфору. Північноамериканське озеро Ері – один з яскравих прикладів впливу антропогенної евтрофікації на природну водойму та об'єднання зусиль двох країн (США та Канади) щодо його оздоровлення. На узбережжі Ері мешкає 12 млн чоловік. У регіоні активно розвивається сільське господарство та промисловість (рис. 2.1.).



Рис. 2.1. «Цвітіння» озера Ері в серпні в 2019 року. Фотограф: Zachary Haslick/Aerial Associates Photography/NOAA.

Ері – перше з Великих озер постраждало від скидів стічних вод, через які у воді збільшилась концентрація азоту та фосфатів. У 1960-1970 роки через інтенсивне «цвітіння» в озері почала зникати риба, а його назвали мертвим. Скупчення водоростей *Cladophora*, що гнили на берегах, доводилось прибирати бульдозерами.

У 1972 році США та Канада підписали угоду про якість води Великих Озер. Обидві країни зобов'язалися контролювати три основні джерела надходження фосфатів у воду: викиди муніципальних очисних споруд, промислові відходи та сільськогосподарські стоки.

На першому етапі, розрахованому на чотири роки, США та Канада домовились скоротити надходження фосфатів до води з 31 тис. т на рік до 16 тис. т. Десь на початку 1980-х років вчені помітили перші ознаки покращення стану акваторії, проте вміст фосфатів і досі високий. 2012 року прийняли рішення впродовж чотирьох років зменшити викиди до центрального та західного басейну Ері до 6 тис. т. Загалом протягом 2010-2015 рр. тільки США реалізували 680 проектів зі зменшення забруднення водоймища вартістю \$60 млн [30].

Сільське господарство визнане основним джерелом річок надходження поживних речовин. Стратегією управління поживними речовинами 4R (right rate, right time, right place, and right source) вдалося залучити та навчити фермерів вносити добрива у стійкий спосіб. Ця стратегія використовується на середньому заході США, намагаючись зменшити надходження фосфатів у озеро Ері. Внесення добрив за агрономічними нормами, сформульовано щодо кількостей, необхідних для оптимізації врожаю сільськогосподарських культур без насичення ґрунту, є першим кроком, що має очевидні переваги для більшості екосистем незалежно від місця розташування у вододілі [31]. Показано, що стік поживних речовин у вологі зимові та весняні місяці суттєво обмежується висадкою покривних культур (наприклад, озимого ячменю) та висадкою прибережних буферів, які допомагають утримувати ґрунт та поживні речовини на місці. Прибережні буфери навколо сільського господарства землі шириною від декількох до сотень метрів, що зменшують потрапляння N і P на 50% [32].

«Червоний приплив» – загальноприйнята назва окремого випадку «цвітіння» води, викликаного спалахом чисельності морських динофлагелат. Вода може набувати червонуватого або рожевого забарвлення (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Мексиканська затока в літку 2019 року. Автор Nano Riley.

Найбільш важливі наслідки «червоних припливів» — пов'язана з ними загибель морських і прибережних видів риб, птахів, морських ссавців та інших організмів. Червоні припливи Флориди особливо небезпечні для морських організмів тим, що в них виробляється нейротоксин бреветоксин, джерелом якого стають морські водорості *Karenia brevis*.

Червоні припливи відбуваються в результаті фізичних, хімічних та біологічних факторів, які сприяють формуванню «цвітіння» найчастіше вздовж унікального, мілководного середовища шельфу західної Флориди.

Вони спричиняють умови, що призводять до виснаження кисню, роблячи затоку непридатною для життя для інших організмів та призводячи до соціальних та економічних втрат для людей. Мексиканська затока дає приблизно 40% щорічного промислового риболовлі в США, а також є домом для багатьох видів рекреаційної риболовлі. Зростає занепокоєння щодо безпеки морепродуктів в результаті забруднення та хімічного забруднення риболовних вод. Половина районів, що займаються молюсками, уздовж узбережжя затоки були або назавжди закриті, або оголошено забороненими на невизначений час службою охорони здоров'я через

забруднення. Прямі витрати включають несприятливий вплив на здоров'я та втрату реалізації риби та продуктів з молюсків, але існують також непрямі витрати, такі як обмежений розвиток чи інвестиційні рішення в прибережній аквакультурі через потенціал «цвітіння» водоростей [32].

У 1957 р. було здійснено спробу хімічного контролю «червоних припливів» Флориди за допомогою сульфату міді, що розпилювався літаками над затокою [33]. Але явище повернулось, тобто, використання сульфату міді не дало очікованих результатів.

У США ранні дослідження були зосереджені на виявленні вітчизняних глинистих мінералів, які ефективні проти кількох видів збудників «цвітіння» водойм США (Sengco et al. 2001). Фосфатні глини Флориди показали ефективність (80% видалення клітин) проти *Karenia brevis*.

В 2018 році була розроблена методика використання озону для подолання «червоних припливів».

У північних штатах поширене застосування ячмінної соломи як природного альгіциду [34].

Агенція з захисту довкілля США (United States Environmental Protection Agency) розробила інтерактивну карту «цвітіння» водойм окремих штатів та періодично подає показники щодо «цвітіння» водойм (статистика передбачає найменування штату, найменування «цвітучої» водойми, що знаходиться в конкретному штаті) (рис. 2.3). Крім того, Центр контролю та запобігання захворювань США закликає громадян окрім мінімізації використання добрив на полях, що означає постачання поживних речовин ціанобактеріям, ще й підтримувати септичну систему на запобігання стічним водам протікати і потрапляти у найближчі озера та ставки [35].

State HABs Resources

Select state to find cyanobacteria/cyanotoxins resources for each of the States.



Рис.2.3. Інтерактивна карта «цвітіння» водойм США [35]

2.2. Європейський досвід подолання «цвітіння» водойм

Близько чверті озер в Європі «цвітуть». Більшість цих озер розташовані в Центральній Європі. Озера з найнижчим рівнем «цвітіння» були знайдені в північних регіонах Європи за схемою зниження температури та рівня фосфору зі збільшенням широти.

Такі країни, як Бельгія, Данія, Німеччина, Італія та Нідерланди зазнали сильного «цвітіння» водоростей (*Anabaena*, *Microcystis* etc). Це спричинило значні втрати у можливостях відпочинку, витрати на забезпечення альтернативних запасів води та смерть худоби. Більша частина фосфору в європейських водах надходить з точкових джерел, таких як каналізаційні установки, галузі тваринництва та миючі засоби.

В Європі «цвітіння» водойм контролюється завдяки видаленню фосфору з стічних вод шляхом модернізації каналізаційних станцій та встановлення нових споруд з переробки стічних вод [36].

В більшості країн ЄС обмеження на використання фосфотних миючих засобів вже введені, а в деяких – таких як Австрія, Німеччина, Італія, Нідерланди – взагалі заборонено використання мийних засобів з вмістом фосфатів [30].

В невеликому озері Трумен, Швеція (~ 1 км² , середня глибина 1,6 м) було виявлено «цвітіння» води, як наслідок забруднення побутовими стічними та промисловими водами протягом середини 1900-х років. Для відновлення стану водойми було здійснено видалення поживних речовин, що зберігаються в відкладах шляхом днопоглиблення. Озеро Трумен – успішний приклад відновлення за допомогою відсмоктувальних днопоглиблень верхнього півметра відкладень протягом дворічного періоду. В інших зусиллях з днопоглиблення на ділянках великих озер є результати був менш успішним [37].

У минулому «цвітіння» в Балтійському морі посилювалося внаслідок стікання поживних речовин із земель навколо моря (зокрема, сільськогосподарських добрив та стічних вод). Це джерело надлишку поживних речовин зменшилось за останні десятиліття, але «цвітіння» все ще спостерігається через велику кількість фосфатів у глибших водах. Надмірний ріст фітопланктону та водоростей може виснажувати кількість кисню у воді та спричиняти мертві зони (рис. 2.4) [38].



Рис. 2.4. Балтійське море у серпні 2020 року за допомогою Оперативного знімача землі (OLI) на Landsat 8 [38]

Ячмінна солома як засіб для боротьби з водоростями у ставках привертала значну увагу протягом останніх кількох років. Використання ячмінної соломи почалося в Англії на початку 1990-тих. Крім ставків в Англії, ячмінну солому використовують у великих водоймах і каналах. Лабораторні дослідження, проведені в Англії, дозволяють припустити, що гнила ячмінна солома у воді пригнічує ріст

декількох планктонних і ниткоподібних водоростей [39].

Сьогодні в Європі широко використовується ультразвуковий метод подолання «цвітіння» водойм. LG Sonic визнана своєю екологічно чистою технологією, яка використовується в більш ніж 55 країнах – LG Sonic була визнана національним переможцем Нідерландів у категорії «Соціальна відповідальність та екологічна обізнаність».

Звукові хвилі, розроблені LG Sonic, спрямовують і нейтралізують водорості, не даючи їм рости і розвиватися до стадії «цвітіння». Вони були перевірені різними університетами і, як доведено, безпечні для людей, риб та інших водних організмів. Продукція LG Sonic ефективно контролює водорості та біозабруднення в озерах, водосховищах, очисних спорудах та інших областях застосування. За останнє десятиліття в 55 різних країнах було успішно встановлено понад 10 000 виробів [40].

2.3. Австралійський досвід подолання «цвітіння» водойм

В Австралії «цвітуть», як правило, прісні водойми. Основна група водоростей, що спричиняє погіршення стану води – синьо-зелені мікродорості. Вони регулярно «цвітуть» у теплу погоду в ставках, озерах та повільно течучих річках. Наприклад, у 2016 році «цвітінням» водоростей постраждало 1700 км річки Мюррей. Орієнтовний загальний збиток від спалаху водоростей склав 250 мільйонів доларів.

Перші «цвітіння» розпочалися в озері Юм, великому водосховищі у верхній течії річки Мюррей, спочатку створеному в 1930-х роках, щоб створити «посуhostійкість» Австралії. Рівень води знизився нижче 10% від потужності озера. Такі низькі рівні води (наприклад, при перенесенні води між системами річок Сноуї та Мюррей) легко призводять до змішування теплих поверхневих вод (формування «цвітіння») з водою, багатою поживними речовинами на дні водойми (підживлення «цвітіння»).

Уряд Австралії розробив стратегічний план управління водними ресурсами у відповідь на масове «цвітіння» річки Дарлінг у 1991 році. У 1992 році у рамках

програми було розроблено 30 рекомендацій щодо мінімізації появи спалаху водоростей у Новому Південному Уельсі. Уряд Австралії також розробив довгострокове рішення проблеми «цвітіння» під назвою «Менеджмент уловлювання». Цей підхід пропонує такі шляхи вирішення проблеми: уникнення надмірного використання добрив та гною на сільськогосподарських угіддях, захистить ґрунтів від ерозії та очищення стічних вод, щоб позбутися азоту та фосфору. Іншими способами зменшення «цвітіння» водойм, запропонованими австралійським урядом, є метод штучної дестратифікації, який зменшує «цвітіння» ціанобактерій за рахунок зменшення осадження фосфору; біоманіпуляція. Метод біоманіпуляції ще не знайшов широкого застосування, оскільки проблема ефективності використання біологічного контролю для зменшення «цвітіння» все ще перебуває у стадії дослідження. Деякі експериментальні методи біоманіпуляції включають вилучення риб, які споживають зоопланктон, із водойми шляхом введення риби-хижака, яка харчується планктонною рибою. Це збільшує зоопланктон, який споживає синьо-зелені мікродорості [41].

2.4. Досвід подолання «цвітіння» водойм Східної Азії

В даний час від «цвітіння» водоростей страждає кілька річок Південної Кореї. Екологи звинувачують у цьому Проект відновлення чотирьох основних річок, який був завершений у жовтні минулого року вартістю 22 трильйони вон (19 мільярдів доларів США). «Цвітіння» водоростей охоплює річки Хань, Геум, Накдонг та Йонсан. В рамках проекту було побудовано 16 дамб, що перетворили частину річок на стоячі води - ідеальне середовище для розмноження ціанобактерій.

Іншою серйозною проблемою Південної Кореї є «червоні припливи», викликані *Cochlodinium polykrikoides*. З метою подолання та контролю цього явища застосовується метод диспергування глини хвангто. У таких країнах, як Корея, де рибогосподарська галузь на сотні мільйонів доларів перебуває під загрозою, ця стратегія контролю має сенс в економічному та соціальному плані, і тому робота прогресує (рис. 2.5).

Однак, після флокуляції клітин з глиною, більшість клітин залишаються не порушеними, і отже, відбувається виживання клітин, що викликає рецидив «цвітіння». Як результат, потрібна велика кількість глини.

Після обробки глиною спостерігається негативний вплив на безхребетних, що харчуються фільтром донного середовища, де рівень очищення був низьким. Наприклад, відкладення глини на шарах осаду спричиняє проблеми з виснаженням кисню для осілої біомаси. Тому впроваджуються альтернативні методи боротьби з «цвітінням».



Рис. 2.5. Розсіювання глини як стратегія придушення «цвітіння» під час спалаху водоростей в Південній Кореї. (Фото: Х. Кім) [42]

За останні роки були розроблені нові алгіцидні засоби, а саме органічні наночастинки на основі природних джерел, що мають незначну токсичність для морських екосистем та здоров'я людей. Але виробничі витрати обмежують їх застосування в польових умовах [42].

В Японії в 1970-х роках за ініціативи Японського агентства рибного господарства використовували глину для подолання «цвітіння» водойм. Ефективність була вперше підтверджена, коли глину експериментально застосовували під «цвітінням» *Cochlodinium* в морі Ячісіро в 1979 р. З тих пір глину застосовували проти *Chattonella spp.* в бухті Кагосіма і проти *Cochlodinium*

polykrikoides, *Chattonella marina* та *Karenia mikimotoi* в морі Ячісіро.

Японія здійснювала мобілізацію риби в клітки у внутрішньому морі Сето, але на сьогодні цей метод не використовується [29].

2.5. Висновки до розділу

Зниження фосфорного навантаження є найперспективнішим методом боротьби з евтрофікацією та «цвітінням» водойм. Про це свідчать результати ряду важливих робіт в рамках проекту «Експериментальна озерна територія» (Experimental Lakes Area). Це відкриття змінило водну політику у всьому світі.

«Цвітіння» водойм приносить великі збитки по всьому світу. Особливо спраждає рибне господарство.

Північноамериканське озеро Ері – один з яскравих прикладів як забруднення, так і об'єднання зусиль двох країн (США та Канади) щодо його оздоровлення методом контролю основних джерел надходження фосфатів, а саме: викиди муніципальних очисних споруд, промислові відходи та сільськогосподарські стоки.

Гострою проблемою є «червоні припливи» в Мексиканській затоці. Спроби подолання «цвітіння» за допомогою сільфату міді не принесли очікуваних результатів, тому це явище спостерігається в затоці щорічно.

В Північній Америці також використовували такі способи подолання «цвітіння» водойм, а саме: використання фосфатні глини, озону, ячмінної соломи.

Політика США націлена на пошук альтернативних методів боротьби з «цвітінням» водойм, а також на зменшення вмісту біогенних елементів у водоймах та підвищення рівня інформованості населення.

Європейських досвід характерний заборонаю використання фосфатних миючих засобів у багатьох країнах, впровадженням нових технологій очищення стічних вод, використанням ячмінної соломи, екрануванням донних відкладів та використанням ультразвуку.

Австралійський досвід подолання «цвітіння» водойм характерний використання біоманіпулювання водойм, зменшенням рівня біогенних сполук в водоймах впровадженням нових технологій очищення стічних вод.

В Східній Азії основними методами подолання «цвітіння» водойм є використання глини, як флокулянта та мобілізація риби в клітки. Суттєві недоліки цих методів спонукають до пошуку альтернативних способів боротьби з «цвітінням» водойм.

РОЗДІЛ 3

УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ПОДОЛАННЯ «ЦВІТІННЯ» ВОДОЙМ

3.1. Стан річкових систем України

Водні ресурси – частина природних запасів води, яка безпосередньо бере участь у суспільному виробництві в конкретних історичних умовах при певному розвитку продуктивних сил. За запасами власних водних ресурсів Україна є однією з найменш забезпечених країн у Європі. Питома забезпеченість річковим стоком в Україні – близько 1000 м³ на особу в рік, що нижче в 2,5 рази ніж в Німеччині та Швеції, в 3,5 рази ніж у Франції та у 5 разів ніж в Англії [43, 44].

Розгалужену систему водних шляхів Україні утворюють 63119 річок, у тому числі великих – 9 (Дунай, Тиса, Дністер, Південний Буг, Дніпро, Прип'ять, Десна, Сіверський Донець, Західний Буг), середніх – 81 і малих – 63029 (рис. 3.1.) [45].



Рис. 3.1. Карта річок України

Гідрографічна сітка України представлена річковими системами Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу, Дону, Вісли та річок Причорномор'я та Приазов'я,

які разом з малими річками басейн Дунаю (27,9%), Дніпра (24,4%), Дністра (23,6%) і Південного Бугу (10,5%). Більша частина території України (98%) належить до басейнів Чорного і Азовського морів і тільки 2% її площі – до басейну Балтійського моря [44].

На сьогодні, водно-екологічний стан поверхневих вод України характеризується як кризовий. Він сформувався впродовж багатьох десятиліть при екстенсивному розвитку народного господарства з перевагою високовмісних водоресурсних технологій. Особливо складна ситуація спостерігається в басейнах річок Дніпро, Сіверський Донець, річок Приазов'я, окремих приток Дністра. Західного Бугу, північно-західної частини Чорного моря.

Антропогенні чинники впливають на екологічний стан річок, на якість води і на розташування деяких річок. Основними причинами забруднення поверхневих вод України є: скид неочищених та не досить очищених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з забруднених територій; атмосферні опади зі вмістом забруднюючих речовин; ерозія ґрунтів на водозбірній площі [46].

Основними видами небезпечних речовин, що потрапляють до річок є нафтопродукти, хлориди, нітрати, фосфати, СПАР та ін. Протягом останніх років особливої актуальності набули забруднення водойм нітратами та фосфатами. Основними джерелами нітратного забруднення є змив частини добрив з полів та їх потрапляння до місцевих водойм і надходження стічних вод. Однією з проблем, яка потребує свого негайного вирішення, є потрапляння у водойми фосфатів. Фосфати та фосфатовмісні сполуки можуть потрапляти до водойм через надмірне використання пральних порошоків та інших мийних засобів. Надмірна кількість фосфатів у водоймі спричиняє «цвітіння», що каталізує утворення багатьох небезпечних для живих організмів сполук у воді [10].

З метою покриття дефіциту водних ресурсів, а також використання річок для певних господарських цілей стік більшості річок України зарегульований. Без належного догляду за водосховищами і ставками, при наявності додаткового

негативного впливу інших видів водокористування природний стан зарегульованих річок втрачено. Замість джерел підтримання водності основних річок утворено низку замулених, евтрофікованих штучних водних об'єктів з порушеними екосистемами. У басейні Дніпра розташовані значні площі потенційного виникнення надзвичайних ситуацій I, II і III категорій небезпеки, що вимагає термінової перебудови системи управління водним режимом на його території. Але будівництво ставків в басейні без відповідного водогосподарського і екологічного обґрунтування продовжується і сьогодні. Здійснюється нераціональна господарська діяльність, тобто скид забруднених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації, а також надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з забудованих територій та сільськогосподарських угідь [47].

За результатами узагальнення даних державного обліку водокористування у 2017 році у поверхневі водні об'єкти скинуто 4715 млн. куб. м стічних вод, у тому числі: підприємствами промисловості – 2785 млн. куб. м, житлово-комунальної галузі – 1510 млн. куб. м та підприємствами сільського господарства – 355,5 млн. куб. м.

За результатами узагальнення звітів про використання води за 2017 рік у галузевому розрізі найбільшими забруднювачами є підприємства житлово-комунальної галузі, якими скинуто 607,5 млн. куб. м забруднених стічних вод.

Підприємствами промисловості скинуто 311,1 млн. куб. м забруднених стічних вод, із них найбільші забруднювачі – підприємства чорної металургії (278,3 млн. куб. м) та хімічної промисловості (12,77 млн. куб. м), та підприємствами сільського господарства скинуто 28,9 млн. куб. м забруднених стічних вод.

У басейновому розрізі об'єми скидів забруднених стічних вод розподіляються у такому порядку: у басейні Дніпра – 628,6 млн. куб. м, Західного Бугу – 64,0 млн. куб. м, Сіверського Дінця – 41,9 млн. куб. м, Дунаю – 24,7 млн. куб. м, Дністра – 20,1, млн. куб. м, Південного Бугу – 4,2 млн. куб. м.

На якість поверхневих вод негативно впливає також скид шахтно-кар'єрних вод, які практично без очистки скидаються у поверхневі водні об'єкти в об'ємі 228,2 млн. куб. м.

Разом із стічними водами до поверхневих водних об'єктів у 2017 році скинуто 20,84 тис. т завислих речовин, 259,1 т нафтопродуктів, 5,98 тис. т азоту амонійного, 46,98 тис. т нітратів, 1,65 тис. т нітритів, 195,0 т СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини), 422,4 т заліза, 4552,0 т фосфатів тощо. Майже всі ці речовини є джерелом живлення водоростей, що провокують «цвітіння» водойм [48].

3.2. «Цвітіння» водойм в Україні

Одним з найістотніших чинників, що негативно впливають на якість поверхневих вод, є їх антропогенне евтрофікація, яке на відміну від природного, є наслідком діяльності людини і полягає у швидкому підвищенні трофності водойм внаслідок надходження до них біогенних елементів і органічних речовин у кількостях, що значно перевищують звичайні природні рівні [10].

В Україні явище «цвітіння» водойм є серйозною екологічною проблемою за рахунок збігу метеокліматичних умов для масового розвитку синьо-зелених мікроводоростей та наявності значної кількості рибогосподарських водойм, у яких відбувається цей процес, завдаючи збитків та ускладнюючи ведення господарської діяльності. Окрім цього, дана проблема загострилася після створення каскаду дніпровських водосховищ, оскільки утворилася значна кількість мілководь, які мають малопроточний режим та малі глибини, що сприяє доброму прогріванню води і масовому розвитку синьо-зелених мікроводоростей [4].

Зокрема, це явище спостерігається на каскаді водосховищ р. Дніпро – Київському (рис. 3.2), Канівському (рис.3.3), Кременчуцькому, Кам'янському, Запорізькому (Дніпровському), Каховському [28].

Однак не лише річка Дніпро характеризується «цвітінням» водоростей. Особливої уваги також заслуговують невеликі притоки, стариці річок, а також озера, ставки, що знаходяться на водозбірній території басейну крупних водних об'єктів та мають значення для формування і збереження біологічного різноманіття як рідкісних видів чи ізольованих популяцій гідробіонтів, так і власне водоростей.



Рис. 3.2. «Цвітіння» Київського моря (водосховища).



Рис. 3.3. «Цвітіння» Канівського водосховища в м. Українка

Спалахи розвитку синьо-зелених мікробіотів перший раз стали помітною проблемою для Дніпра ще у середині минулого сторіччя внаслідок наповнення водосховищ і затоплення великих обсягів родючого ґрунту – чорнозему разом з рештками рослинності. У середині 1980-х років, після завершення формування каскаду водосховищ, «цвітіння» поступово зменшилось.

В сучасний період бурхливе «цвітіння» водойм спровоковане іншим джерелом живлення водоростей – масове використання фосфатовмісних мийних засобів та мінеральних добрив на розораних землях, які потім стікають в річки [8].

У Чорному морі ціанобактерії зустрічаються, переважно, в прибережних водах, особливо в опріснених районах поряд з гирлами річок (рис. 3.4). З початку 80-х років як у лиманах, так і в прибережних водах та на відкритих акваторіях Чорного і Азовського морів «цвітіння» у вигляді «червоних припливів» на сьогодні стали постійним явищем. При цьому у прибережних водах Чорного моря виявляють

безліч видів токсичних водоростей, які представляють загрозу здоров'ю населення і морській фауні. Встановлено, що виникнення і частота «червоних припливів» прямо пов'язана із зростаючим антропогенним забрудненням прибережних вод [49].



Рис. 3.4. Супутникове фото Чорного моря поблизу Одеси, Чорноморська та Коблево, 2019 рік (фото: uc.od.ua)

Червоне або буре забарвлення має одноклітинна істота *Lingulodinium Polyedra* (Stein) Dodge, що була відкрита у 1989 році, вже двічі стала домінантним видом, що викликає «червоні припливи» в Чорному морі у 1999 році й у 2020 (рис. 3.5.) [50].

У період «цвітіння» прісноводних водойм біомаса водоростей досягає $1,5 - 2,0 \text{ кг/м}^3$, а у місцях їх накопичень – $5 - 7 \text{ кг/м}^3$. У штильову погоду водорості збираються у верхньому шарі води, у плямах «цвітіння», де їх біомаса складає $40 - 50 \text{ кг/м}^3$. За значного збільшення біомаси водоростей (вище 500 г/м^3), проявляється біологічне забруднення, у результаті чого значно погіршується якість води: змінюється її кольорова гама, рН, в'язкість, знижується прозорість, змінюється спектральний склад проникаючої у водну товщу сонячної радіації [4].



Рис. 3.5. Море бурого кольору в районі Коблево. Автор: Михайло Набокін [50]

Отже, «цвітіння» водойм в Україні викликане антропогенними чинниками, а саме:

- недотримання режиму господарської діяльності в прибережних захисних смугах;
- евтрофування водойм забруднюючими стічними водами міст, промислових та аграрних підприємств, які містять сполуки нітрогену, фосфору, заліза, кремнію та органічних речовин;
- використання в сільськогосподарському виробництві мінеральних та органічних добрив, пральних засобів сприяє забрудненню фосфором та СПАР[5];
- спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі, в результаті чого було затоплено великих обсягів продуктивних земель, змінено водний режим та утворення мілководь, які мають малопроточний режим та малі глибини.

3.3. «Цвітіння» дніпровського каскаду водосхощ

До головних річок України відносять найбільша рівнинна річка Європи - Дніпро, яка протікає територіями Російської Федерації, Республіки Білорусь.

Довжина річки складає 2201 км (в межах України 1121 км), площа басейну 504 тис. км² (площа української частини водозбору – 292,7 тис. км², тобто 48% території України) [43]. До гирла Дніпра входять шість водосховищ, найбільшими є Кременчуцьке та Каховське [51].

Потреби людства в енергії та прагнення перейти на використання відновлюваних джерел енергії зумовило будівництво гідроелектростанцій і спорудження водосховищ.

Водосховища на Дніпрі створювалися протягом 64 років, починаючи з 1931 р. (спорудження греблі Дніпрогесу ім. В. І. Леніна), у тому числі 1976 г. (заповнення Канівського водосховища) і завершуючи 1990-1995 рр. перекриттям Дніпровсько-Бузького лиману морезахисною греблею. Будівництво кожного з дніпровських водосховищ (рис. 3.6), які відносяться згідно з прийнятою класифікацією Фортунатова М.А. до гігантських, істотно впливало на формування гідробіологічного, гідрохімічного та гідрологічного режимів не тільки на акваторії його утворення, а й на функціонування розташованих нижче за течією ділянок річки і створених раніше водосховищ. У табл. 2.1 наведено параметри дніпровських водосховищ.

Найбільші гідроелектростанції зосереджені на Дніпрі (Київська, Канівська, Кременчуцька, Середньодніпровська, Запорізька, Каховська). Окрім виробництва дешевої електроенергії, гідроелектростанції формують екологічну небезпеку. Стримуючи потік води для підняття її рівня, греблі станцій утворюють малопроточні водосховища, в яких відбувається бурхливий розвиток фітопланктону [52].

Перетворення р. Дніпро на каскад водосховищ загальною площею водяного дзеркала понад 6974 км² на сьогодні є причиною значної зміни гідрологічного режиму ріки внаслідок трансформації морфології басейну, природної сезонності повені, змін об'ємів прісного стоку в Чорне море тощо.

На ділянках водосховищ значно зменшилися швидкості течії, змінилася гідродинаміка водних мас і спектр біоти, а також збільшилася теплоємність водних мас. Майже всі греблі, оснащені судновими шлюзами, що обумовило виникнення в районі пригреблевих б'єфів – зворотних течій.



Рис. 3.6. Каскад дніпровських водосховищ

Таблиця 2.1

Параметри дніпровських водосховищ [51]

Назва	Площа, км ²	Повний об'єм, км ³	Корисний об'єм, км ³
Київське	922	3,73	1,2
Канівське	642	2,60	0,3
Кременчуцьке	2250	13,5	8,9
Кам'янське	567	2,4	0,3
Дніпровське	410	3,3	1,0
Каховське	2150	18,2	6,8

Створення водосховищ призвело також до ліквідації природних ґрунтових гідрохімічних бар'єрів у вигляді заплавної терас, що обумовило зростання мінералізації води у водосховищах. Забудова берегів водоймищ Дніпра також призводить до погіршення екологічного стану дніпровського каскаду [53].

Затоплення значних площ призвело до насичення вод органічними речовинами, маса яких продовжує зростати завдяки надходженню промислових та

комунальних стоків, зливних стоків із прибережних зон, а також стікання снігових і дощових вод з полів, де вони вбирають у себе добрива.

Застоювання води у водосховищах Дніпра знижує здатність річки до природного самоочищення і тому регулярно відбувається масовий розвиток фітопланктону. За цих умов у водосховищах, особливо в найбільшому за площею і об'ємом – Кременчуцькому, – вода є практично стоячою [54].

Всі ці обставини викликають «цвітіння» водосховищ. В територіальному вимірі евтрофікація яскраво має прояв для Київського і Каховського водосховищ, коли значні площі набувають переважно відтінків зеленого кольору [10].

На річкових ділянках водосховищ розвиток водоростей стримується збільшенням швидкості течії внаслідок попусків ГЕС. Тобто, формування розвитку фітопланктону у різних частинах дніпровських водосховищ відбувається при неоднакових екологічних умовах [8].

Згідно з даними сайту Dnieper.org, фітобентос Дніпра та його водосховищ характеризується значною різноманітністю як за кількістю представників видів, так і за показниками їх кількісного розвитку. У складі водоростей, що розвиваються на межі поділу вода/донні відкладення, залежно від водосховища і сезону, виявляється різна кількість їх видів і внутрішньовидових таксонів: у Київському – 181, у Кременчуцькому та Кам'янському – 128, у Каховському – 88.

Навесні домінантними за біомасою є діатомові водорості, влітку – синьо-зелені.

Домінуючими агентами, що викликають «цвітіння» в умовах дніпровських водосховищ, є представники родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Aphanizomenon*, *Anabeana* і *Oscillatoria* [52].

Характер біологічного циклу життя та смерті синьо-зелених мікрowodоростей спричиняє їх домінуючу роль в екосистемі Дніпра. Оскільки вони не потребують зв'язку із ґрунтовим середовищем, на чисельність їхньої популяції не впливає глибина водосховища.

З представників аборигенної іхтіофауни Дніпра їх практично не споживає ні один вид, що дає змогу синьо-зеленим мікрowodоростям розмножуватись відповідно

до їх величезного біотичного потенціалу [54].

Акваторія водосховища за умов штильової погоди в період максимального нагромадження «плям цвітіння» (липень–серпень) має вигляд мозаїки, що складається з «плям» і чистоводь. За штормової погоди плями зникають, однак із появою штилю знову швидко формуються. Вітри й течії переносять їх по всій акваторії. Залежно від напрямку вітру великі маси водоростей можуть зганятися до берегів водосховища. Так, у Кременчуцькому й Каховському водосховищах згінні маси прямують переважно до південно-західних берегів, тому біомаса в них може сягати 500 кг/м^3 . Досить швидко утворюється щільний поверхневий шар із синьо-зелених мікрводоростей, який зменшує коефіцієнт відбивання сонячного проміння. Виникають заморні явища, велика кількість риби гине внаслідок забивання зябер, кисневого дефіциту та отруєння токсинами водоростей. Загальна схема токсичного впливу синьо-зелених водоростей на водні екосистеми в умовах дніпровських водосховищ показана на рис. 3.7 (за Л.П.Брагінським) [6].

Найбільша кількість водоростей наганяється в затоках і бухтах, утворюючи непрохідність човнів.

«Цвітіння» залежить від вмісту гумусових речовин, що надходять у дніпровські водосховища, зокрема разом зі стоком Прип'яті [55].

У екосистемах штучних водойм дніпровського каскаду донні відкладення є одним із найбільш значущих абіотичних компонентів. У цих водоймах генезис формування донних відкладень та їх склад вносять суттєвий вплив на розвиток процесів самоочищення, умови існування бентозних організмів та в кінцевому рахунку на якість води у водоймі. На донні відкладення суттєво впливає зообентос (донна гідрофауна), завдяки якому значно активізується масообмін між водними масами та дном. Цей масообмін визначає хімічний та компонентний склад донних відкладень, зокрема якісний та кількісний склад їх органічних компонентів [19].

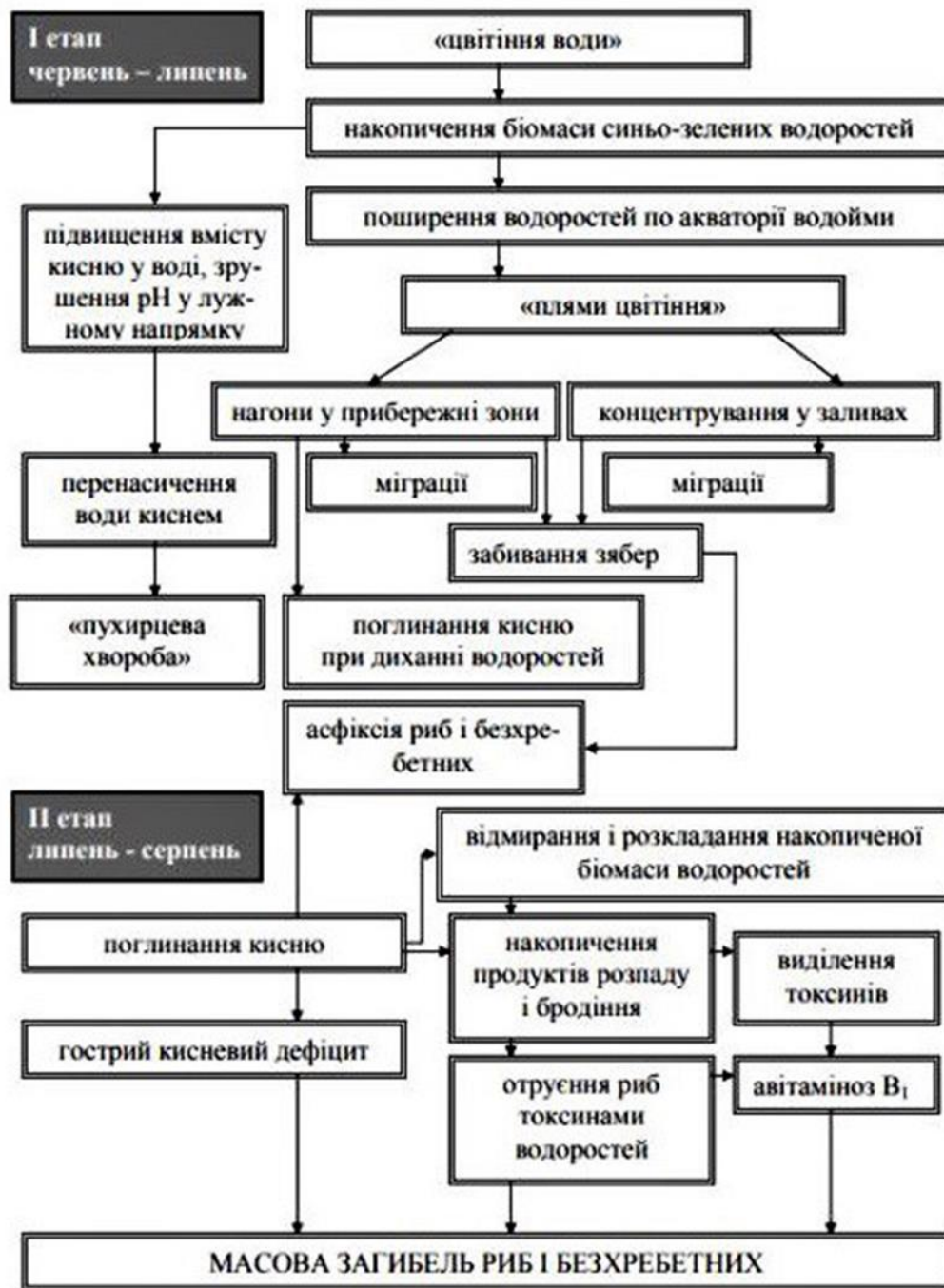


Рис. 3.7. Схема токсичної дії водоростей на водні екосистеми [6]

3.4. Способи подолання «цвітіння» водойм в Україні

Для боротьби з «цвітіння» водойм в Україні використовують такі способи:

- проведення екологічних акцій та інформаційних кампаній проти застосування пральних порошоків, які містять фосфати або фосфонати;

- заходи, які спрямовані на зміну гідрологічних параметрів (посилення проточності і збільшення водообміну) через встановлення регламенту спеціальних екологічних попусків згідно з Правилами експлуатації водосховищ та рішеннями Міжвідомчої комісії;
- використання механічних методів регулювання рівня «цвітіння» - застосування аераційної установки, що насичує воду киснем;
- проведення біологічної меліорації, а саме вселення у водойму рослиноїдних видів риби (білого товстолоба, гібриду білого та строкатого товстолоба, щуки, судака, а також білого амура);
- фітомеліорація, тобто культивування вищої водної рослинності (рогози та очерету) в прибережних зонах із метою перехоплення біогенних елементів, які надходять із полів, із тваринницьких ферм та населених пунктів;
- використання органічних та неорганічних альгіцидів;
- механічне видалення водоростей - збирання мікроскопічних організмів спеціальними катерами. Зібрану масу використовують як добриво, а також для виготовлення паперу, картону, лаків, фарб та отримання біогазу;
- з профілактичною метою у водойми вносять мікробіологічні препарати та вселяють водорість хлорелу;
- «зв'язування» і осадження фосфору у водоймах;
- обмеження забруднення водойм біогенними елементами через очищення міських стічних вод;
- очищення дна від загиблих водоростей або захоронення (екранування) донних відкладів.

3.4.1. Проведення екологічних акцій та інформаційних кампаній

Головною серед причин регулярного «цвітіння» українських водойм вважають недостатню очистку стоків, що викликають перевищення концентрації фосфатів в акваторіях. Ці речовини потрапляють до водойм переважно з різноманітними

мийними засобами, які й досі широко використовуються в Україні [8].

Виробництво миючих і чистячих засобів, як одного з секторів хімічної промисловості, має значний вплив на навколишнє середовище: використання небезпечних хімічних речовин, утворення токсичних відходів та забруднення стічних вод [56].

Вирішенням цієї проблеми є, насамперед, введення на державному рівні обмеження використання фосфатів у мийних засобах.

Кожного року проводяться акції та інформаційні кампанії спрямовані на заборону ввезення в Україну, виробництва, реклами, розповсюдження і використання фосфатних мийних засобів (рис. 3.8.).

Приблизно 90% проб з Дніпра зафіксували перевищення вмісту забруднюючих речовин або показників фізико-хімічного стану поверхневих вод. Зокрема, в останні десятиріччя в стічних водах, що надходять на очисні споруди міста Києва, різко зросла кількість фосфатів. Якщо в середині 90-х років концентрація фосфатів у стічній воді становила 6-8 мг/л, то на сьогоднішній день вона сягає майже 30 мг/л при нормі 8 мг/л [57].



Рис. 3.8. Логотип екологічної акції Київводоканалу «Стоп фосфати» [57]

В Україні вже з'явилися альтернативні, більш безпечні мийні засоби як іноземного так і вітчизняного виробництва [56]. Заохочення використання безфосфатних мийних засобів за допомогою ЗМІ може зменшити відсоток фосфатів у стічних водах.

3.4.2. Посилення проточності і збільшення водообміну

Результати багатьох досліджень, проведених на різних водних об'єктах України та світу, свідчать про вплив зовнішнього водообміну на біотичні компоненти екосистем, визначаючи їх трофічний стан. Зі зменшенням інтенсивності водообміну посилюються процеси евтрофікації водних об'єктів, обумовлюючи зміну типу – з лотичного (річкового) на лентичний (озерний).

Результати натурних досліджень свідчать про те, що біомаса фітопланктону у водних об'єктах залежить від об'ємів попусків води через ГЕС, які визначають їх проточність та режим швидкості течії води. Зростання стоку води, і відповідно швидкості течії, призводить до зниження біомаси фітопланктону в будь-якій водоймі. Лімітуюча швидкість течії води для діатомових водоростей складає 0,7 м/с, для зелених – 0,5 м/с, для синьо-зелених, що обумовлюють «цвітіння» водойми – 0,2 м/с. Критичними швидкостями течії для цих водоростей є 2,0, 1,5 та 0,6 м/с відповідно.

Для оптимального розвитку фітопланктону та зменшення вірогідності «цвітіння» водойми період водообміну не повинен перевищувати 7–9 діб. При посиленні проточності (до 4–6 діб) збільшення продукції фітопланктону сприятиме підвищенню трофічного статусу водойм та активізуватиме фотосинтетичну аерацію водної товщі, що забезпечить оптимальне функціонування гідробіонтів вищих трофічних рівнів.

Зовнішній водообмін гідрогенних водойм можливо посилити за рахунок внутрішньодобових коливань рівня води в Канівському водосховищі [18].

3.4.3. Аерація водойм

На сьогодні на водних об'єктах Києва реалізовано проекти по встановленню аераторів з метою поліпшення їх екологічного стану та інтенсифікації самоочисних процесів. На замовлення комунального підприємства «Плесо», ТОВ «Енерго-Інвест» розроблено та встановлено спеціальну систему аерації водних мас оз. Тельбін.

В оз. Тельбін спостерігається дефіцит розчиненого кисню у придонному шарі води протягом року. Влітку можливо, навіть формування анаеробних зон з появою сірководню біля дна, що погіршує екологічний стан водного об'єкту. Водночас, тривалий дефіцит розчиненого кисню інтенсифікує надходження, перш за все, сполук неорганічного азоту та фосфору з донних відкладів до водної товщі [18].

Система аерації водних мас оз. Тельбін складається з 8 локальних аераторів, розміщених через кожні 100 м, з потужною компресорною станцією та фонтаном, вздовж берега прокладено трубопровід зі стисненим повітрям. Робота аераторів виконується у весняно-осінній період. Біля кожного аератора встановлено датчики контролю показників вмісту розчиненого у воді кисню, водневого показника (рН), температури та мутності води. На основі вимірних показників проводиться подальше автоматичне занурення аераторів по глибині з метою насичення водної товщі. Згідно з інформацією ТОВ «Енерго-Інвест», після запуску аераційних установок вже відмічаються позитивні зміни в стані оз. Тельбін. За перший місяць їх роботи вдалось максимально відстрочити початок періоду «цвітіння» води синьо-зеленими мікродоростями, нормалізувати рівень рН, вирівняти температуру та збільшити товщу насиченим киснем поверхневого шару води від 2 до 5 м.

Робота аераційних установок призвела до вирівнювання вмісту неорганічних форм азоту і фосфору у водній товщі над температурним стрибком, тоді як під ним спостерігається широкий інтервал значень вмісту амонійного азоту та неорганічного фосфору. Цей широкий інтервал величин свідчить про їхнє надходження до водної товщі придонного шару з донних відкладів [58].

3.4.4. Біологічна меліорація водойм

Позитивні результати біологічної меліорації в прісних водах України досягаються завдяки використанню біоплато (інж. водоохоронні споруди), в яких угруповання вищих водяних рослин виконують роль біофільтра й поліпшують якість води. Виявлено можливості використання рослиноїдних риб (зокрема білого амура в каналах південної України і товстолобика у дніпровських водосховищах) як

біологічних меліораторів з метою деєвтрофікації водойм (зменшення «цвітіння» водойм) і підвищення рибопродуктивності [23].

Застосування вищих водяних рослин поки ще не набуло широкого поширення в Україні [25].

3.4.5. Механічне видалення водоростей та їх переробка

Перспективним методом подолання «цвітіння» водойм є збір катерами водоростей із подальшою їх утилізацією (виробництвом біогазу, ліпідів, добрив, фарб, паперу). Серед наявних технологій перероблення водоростей можна виділити варіант побудови біостанції з отримання біогазу, добрива та інших цінних для промисловості і сільського господарства продуктів.

Використання біомаси, зібраної під час «цвітіння» на акваторіях водосховищ дніпровського каскаду, для отримання біогазу (застосування альтернативних джерел енергії) є одним з ефективних способів поліпшення екологічного стану р. Дніпро і прилеглих територій, зменшуються витрати на очищення природних вод до нормативів, зростає продуктивність іхтіофауни, а також утилізації відходів біотехнологічного процесу в галузях сільського та лісового господарства.

В основу способу отримання біогазу покладено метод очищення поверхневих вод від синьо-зелених водоростей шляхом збору та використання її концентрованої біомаси як субстрату для отримання біогазу шляхом метанового «бродіння» та забезпечення належного рівня якості води в каскаді водосховищ за умови економії енергоресурсів.

Енергія, укладена в 1 м³ біогазу, еквівалентна енергії 0,6 м³ природного газу, 0,7 л нафти або 0,6 л дизельного палива.

Проте існуючі на сьогоднішній день технічні рішення не можуть бути безпосередньо застосовані для утилізації синьо-зелених водоростей без проведення додаткових теоретичних та експериментальних досліджень

Водорості найпростіше збирати в штиль, коли вони спливають на поверхню і локалізуються там. Умова штилю є єдиним обмеженням в процесі збирання біомаси

ціанобактерій.

Біогазова технологія дозволяє отримати в найкоротші терміни за допомогою анаеробного зброджування натуральне біодобриво, яке містить біологічно активні речовини та мікроелементи. Основною перевагою біодобрив перед традиційними добривами, є форма, доступність та збалансованість всіх елементів живлення, високий рівень гуміфікації органічної речовини. Органічна речовина слугує потужним енергетичним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів, тому після внесення в ґрунті відбувається активізація азотофіксуючих та інших мікробіологічних процесів. Це створює позитивний вплив на ґрунтову родючість та поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунту. Використання біодобрив для вирощування сільськогосподарських культур дозволить знизити використання хімічних добрив, які несуть негативний вплив на якість і родючість ґрунтів.

Таким чином розроблена стратегія утилізації синьо-зелених мікроводоростей дозволяє не тільки уникнути екологічної небезпеки від їх неконтрольованого розвитку, але й дає змогу отримати необхідні для забезпечення енергетичної незалежності держави енергоносії та ефективні біодобрива [19].

3.4.6. Використання *Chlorella vulgaris*

Із середини ХХ сторіччя хлорелу використовують для очищення води. На сучасному етапі інноваційним підходом, який значно дозволяє знизити рівень забруднення водойм та покращити органолептичні властивості води, є біоремедіація водойм суспензією хлорели, яка основана на альголізації водойм планктонними штамми зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris*.

Принцип альголізації полягає в тому, що хлорела здатна кункурувати з синьо-зеленими мікроводоростями за ресурсну базу азоту і фосфору [59].

Від інших представників фітопланктону хлорелла відрізняється можливістю життєдіяльності в широкому температурному інтервалі (від 2 до 40 °С), стійкістю до шоків реакцій (заморожування), здатністю розвитку в екстремальних умовах, великим об'ємом виділення кисню в процесі фотосинтезу, високою здатністю

утилізувати з води біогенні сполуки. Вона зустрічається у прісних водоймах, морях, ґрунті, аерофітоні [60].

Хлорела також ліквідує наслідки «цвітіння»: очищує воду, насичує її киснем, відновлює популяцію фіто- та зоопланктону. Таким чином, забезпечує рибу природною кормовою базою та в цілому підвищує імунітет рибного стада [61].

Технологія біологічної реабілітації водойм суспензією мікрододорості хлорели використовується в рибоводних ставках і на очисних спорудах сільськогосподарських і промислових підприємств. Цю технологію розробила і апробувала компанія «Algalive». Технологія застосовується на водоймах рибогосподарського призначення у всіх географічних зонах України, її можна застосовувати для будь-якого прісноводного водоймища і водосховища [60].

Біомеліорація із застосуванням хлорели є одним з найдешевших дієвих методів очищення водойм.

Недоліками технології альголізації є: використання для боротьби з «цвітінням» невеликих водойм (ставків та водосховищ) та проведення повторної альголізації для пролонгації ефекту на більш тривалий термін [59].

3.5. Заходи по регулюванню «цвітіння» водойм

Аналіз українського досвіду подолання «цвітіння» водойм та стану водних об'єктів свідчить про такі проблеми як:

- слабка нормативно-правова база;
- відсутність екологічних пріоритетів у виробників;
- застаріла матеріально-технічна база об'єктів господарювання;
- недосконалість системи освіти;
- дезінформація громадськості та низький рівень екологічної свідомості;
- відсутність належного контролю за скидами забруднюючих речовин та стічних вод у водні об'єкти;
- використання фосфатовмісних миючих засобів;

- порушення прибережних захисних смуг та водоохоронних зон.

Перспективні заходи по регулюванню процесу евтрофікації та «цвітіння» водойм запропоновані на рис. 3.9.

Зважаючи на викладене вище, а також враховуючи екологічну ситуацію, яка склалася в останні десятиріччя, в Україні потрібні нові екологічні підходи у галузі використання, охорони, відновлення водних ресурсів як на рівні практичної діяльності, так і вироблення політичних рішень у напрямку впровадження стратегії сталого розвитку в галузі водокористування, що ускладнюється недосконалістю методологічної бази [62], а також підвищення рівня освіти та екологічної свідомості кожного громадянина.

Розвиток процесу антропогенної евтрофікації та її еколого-соціальні, медичні і економічні наслідки в Україні набули таких масштабів, що оцінка впливу евтрофікації на стан водних об'єктів – джерел питного водопостачання, а також розробка і обґрунтування шляхів зменшення негативного впливу водного фактора на здоров'я населення повинно розглядатися на державному рівні.

При виконанні комплексу заходів на водоймах важливим водоохоронним заходом також є проведення адміністративно-господарського контролю згідно зі ст. 218 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного добробуту населення». Його суть полягає у регламентації та контролі промислових скидів за рибогосподарськими нормативами гранично-допустимими концентраціями забруднювальних речовин; діючому контролі державних природоохоронних органів за виконанням природоохоронного режиму водойм; винесенні меж земель водного фонду в натуру з метою ліквідації на берегах водойм звалищ, садово-городних ділянок, дачних забудов без централізованої каналізаційної системи, тощо.

Національні стандарти «ДСТУ-Н Б В.2.5-61:2012 Настанова з улаштування систем поверхневого водовідведення» та «ДСТУ 8691:2016. Стічні води. Настави щодо встановлення технологічних нормативів відведення дощових стічних вод у водні об'єкти» застаріли, не відповідають вимогам європейських директив та потребують внесення змін. Слід визначити, що немає законодавчо-нормативної бази та чіткого механізму контролю за станом водовідведення у невеликих населених

пунктах і на окремих об'єктах.

Законодавча база у сфері управління стічними водами та доступу до санітарії нерозвинута і потребує адаптації до норм Водної рамкової директиви ЄС і Директиви Ради 91/271/ЄЕС для регулювання в сфері очистки та скидання стічних вод, налагодження моніторингу якості очистки та повторного використання стічних вод, контролю за скидами стічних вод у природне середовище, з урахуванням навантаження по азоту та фосфору.

Також варто зосередити зусилля здебільшого на контролі за забрудненням з точкових джерел. Зусилля щодо контролю точкових джерел виявилися успішними для розвинених країн. Заборона використання фосфатних миючих засобів та видалення фосфору з стічних вод є ефективними стратегіями контролю.



Рис. 3.9. Заходи по регулюванню процесу евтрофікації та «цвітіння» водойм в Україні.

Підприємства можуть зменшити забруднення поживними речовинами, керуючи та зменшуючи їх викиди у повітря та воду. Інвестиції в енергоефективність та перехід до відновлюваних джерел енергії сприяють зменшенню забруднення від викопного палива. Управління фермами, полями та водозборами може допомогти зменшити стік поживних речовин у водні об'єкти. Фермери можуть зменшити споживання добрив та мінімізувати втрати поживних речовин внаслідок своєї діяльності завдяки стійкій практиці управління поживними речовинами.

Це передбачає внесення добрив та гною в строгих кількостях в оптимальні терміни. Вибір найбільш безпечного методу та точне розміщення є критичними факторами. Посадка польових буферів та забезпечення цілорічного ґрунтового покриву допомагають запобігти ерозії фермерських ґрунтів та зменшити втрати поживних речовин у водні шляхи.

Фізичні особи також можуть внести свій внесок. Наприклад, вибір миючих засобів, мила та шампунів, що не містять фосфатів. Збереження енергії в домашньому господарстві допомагає мінімізувати забруднення поживними речовинами в повітрі викопного палива. Це включає використання енергоефективного побутового обладнання та дизайн зелених будівель [62].

Доведено, що у якості ефективного методу по регулюванню «цвітіння» водойм доцільно розглядати синьо-зелених мікроводоростей, масовий неконтрольований розвиток яких формує високий рівень екологічної небезпеки в об'єктах гідросфери [14].

3.6. Висновки до розділу

Стан річкових систем України незадовільний, внаслідок постійного антропогенного забруднення.

В Україні «цвітіння» водойм є досить складною проблемою за рахунок збігу сприятливих метеокліматичних умов для масового розвитку синьо-зелених мікроводоростей та наявності значної кількості евтрофікованих водойм. Окрім цього, дана проблема загострилася після створення каскаду дніпровських водосховищ, оскільки утворилася значна кількість мілководь, які мають

малопроточний режим та малі глибини, що сприяє доброму прогріванню води і масовому розвитку синьо-зелених водоростей.

Основними причинами «цвітіння» водойм в Україні є: недотримання режиму господарської діяльності в прибережних захисних смугах; евтрофування водойм забруднюючими стічними водами міст, промислових та аграрних підприємств; використання в сільськогосподарському виробництві мінеральних та органічних добрив, пральних засобів сприяє забрудненню фосфором та СПАР[5]; спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі, в результаті чого було затоплено великих обсягів продуктивних земель, змінено водний режим та утворення мілководь.

Домінуючими агентами, що викликають «цвітіння» дніпровських водосховищ, є представники родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Aphanizomenon*, *Anabeana* і *Oscillatoria*.

Для боротьби з «цвітіння» водойм в Україні використовують способи: проведення екологічних акцій та інформаційних кампаній проти застосування пральних порошків, які містять фосфати або фосфонати; заходи, які спрямовані на зміну гідрологічних параметрів; використання механічних методів регулювання рівня «цвітіння»; проведення біологічної меліорації; використання альгіцидів; механічне видалення водоростей для отримання біогазу; використання хлорели; очищення дна від загиблих водоростей або захоронення донних відкладів.

Запропоновані заходи по регулюванню евтрофікації та «цвітіння» водойм України, що включає оновлення інфраструктури очисних споруд та каналізації, жорстке законодавче регулювання господарської діяльності у прибережних зонах, робота з підвищення екологічної свідомості населення. Реалізація комплексу заходів повинна носити послідовний та системний характер. Реалізація водоохоронних заходів повинна здійснюватися у тісній співпраці між державними органами влади, органами місцевого самоврядування та місцевими громадами.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при дослідженні «цвітіння» водойм

Проаналізувавши умови праці при виконанні дипломної роботи на у лабораторії на базі Факультету екологічної безпеки інженерії та технологій Національного авіаційного університету можна виділити ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які впливають на здоров'я і працездатність людини. Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 на працівника у лабораторії діяли фізичні небезпечні виробничі фактори. До них належать відсутність природного світла в робочій зоні, понижена рухомість повітря, підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, підвищена температура повітря робочої зони, підвищені рівні шуму на робочому місці та ін. [63].

Відсутність природного світла в робочій зоні. Важливим фактором при роботі в лабораторії, є раціональне освітлення робочої зони і робочих поверхонь. У випадку відсутності природного світла, необхідно забезпечити для працівників достатню освітленість приміщення. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій та нещасних випадків [64].

Штучне освітлення передбачається у лабораторному приміщенні з недостатнім природним освітленням, а також для освітлення в темний період доби. Діяльність працівника в лабораторії відноситься до II розряду зорової роботи (А-2) дуже високої точності із найменшим розміром об'єкта розрізнення від 0,15 до 0,3 мм, то згідно ДБН В.2.5-28:2018 значення показника освітленості робочої поверхності має бути 400 лк із горизонтальною площиною з висотою 0,8 м над

рівнем підлоги, а зальне штучне освітлення лабораторії повинно складати 750 лк. Джерелом штучного освітлення в лабораторії є люмінесцентні лампи [65].

Понижена рухомість повітря. Одним із головних небезпечних виробничих факторів лабораторії є малорухливий повітрообмін. Вентиляційні системи не забезпечують сталої температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, ГДК шкідливих газоподібних речовин. Для підтримки постійного мікроклімату, окрім витяжного шкафу, в лабораторії необхідно встановлювати припливно-витяжну систему вентиляції. Згідно ДБН В.2.5-67:2013, щілини трубівідводів для видалення повітря із верхньої зони приміщення потрібно розміщувати під стелею або покриттям, але не нижче 2 м від підлоги до низу щілин [66].

Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони. Для регуляції швидкості руху повітря застосовують природну та штучну вентиляцію. У робочій зоні виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 встановлює норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в теплий та холодний періоди року, виходячи з категорії роботи щодо важкості, призначення приміщень, надлишків тепла.

Швидкість руху повітря на робочому місці має бути не більше 0,1м/сек [67].

Якщо швидкість повітряного потоку занадто низька, то утворюються застійні зони, де збираються шкідливі виділення (гази, волога, пил, пар).

Мікроклімат робочій зоні – головні фактори, що визначають умови праці. Патогенні мікроорганізми, присутні в повітряних потоках, можуть впливати на ефективність праці та ступінь чистоти повітря в робочій зоні. Будь-яка схема вентиляції повинна передбачати одночасно приплив зовнішнього повітря і витяжку відпрацьованого, забезпечуючи таким чином баланс повітря в приміщенні [68].

Підвищена температура повітря робочої зони. Джерелом цього фактору є термостати, автоклави, сушильні шафи, дистиллятори та електричні плити. У теплу пору року робота вказаних приладів призводить до підвищення температури повітря робочого приміщення до 34-40 °С при відносній вологості 40-60 %, що негативно впливає на організм працівника [67].

Підвищені рівні шуму на робочому місці. Основними джерелами шуму у приміщенні лабораторії є термостати електричні сухоповітряні, шафа сушильна електрична, холодильник побутовий. Нормативний рівень звуку згідно з ДСН 3.3.6.037-99 для приміщень де виконуються висококваліфіковані роботи, вимірювальні та аналітичні роботи становить 50 дБА [69].

4.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при дослідженні «цвітіння» водою

Підвищення рівня освітленості робочого місця. У виробничих приміщеннях застосовують систему загального штучного освітлення, використовують виключно джерела світла із колірною температурою від 2400 К до 6800 К, а інтенсивність ультрафіолетового опромінення не повинна перевищувати $0,03 \text{ Вт/м}^2$ згідно нормам ДБН В.2.5-28:2018 [65]. Менше 320 нм випромінювання не допускається.

В приміщеннях слід застосовувати найбільш енерго-економічні джерела світла з найбільшою світловіддачею та строком служби без зниження якості освітлювального устаткування. Важливою вимогою є забезпечення правильного взаємного розташування світильників щодо робочих поверхонь, обмеження яскравості, або збільшення частини поверхні світильного елемента, враховуючи коефіцієнт відбиття матеріалів обробки стелі та стін.

Для місцевого освітлення робочих місць лабораторії слід використовувати світильники з відбивачами, що не просвічуються. Світильники повинні розташовуватися так, щоб їх елементи, які світяться, не потрапляли в поле зору працюючого персоналу на освітленому робочому місці і на інших робочих місцях. Місцеве освітлення робочих місць повинно бути обладнане регуляторами освітлення.

Збільшення рівня повітрообміну, зменшення запиленості та загазованості повітря робочої зони. Для підтримки оптимального іонного складу повітря,

зменшення ступеню забруднення пилом, видалення небезпечних і шкідливих газоподібних речовин в лабораторії рекомендовано дотримуватись таких заходів як [66]:

- при проектуванні вентиляції і кондиціонування повітря лабораторії відносну вологість внутрішнього повітря з економічних міркувань рекомендується приймати: для теплого періоду року - в межах від 60 до 45%; для холодного періоду року - в межах від 45 до 30%;
- при будівництві приміщення встановлювати припливно-витяжну систему вентиляції, а також необхідну кількість місцевих над робочими місцями;
- застосовувати вентилятори, фільтри, у тому числі бактерицидні, клапани, іонізатори повітря відповідних потужностей;
- об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд, в яких є виділення шкідливих речовин і надлишки явного тепла більше 20 ккал/м³•год повинні прийматися такими, щоб в приміщеннях не утворювалися непровітрювані, застійні зони;

Зменшення рівня впливу підвищеної температури. Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов у лабораторії здійснюється за допомогою комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та ін. заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту, медико-біологічні тощо.

Оптимальна температура, значення якої відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 на робочих місцях досягаються за рахунок раціонального планування приміщення і оптимального розміщення в ньому устаткування з тепло-, холодо- та вологовиділеннями. Для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

Для зменшення впливу підвищеної температури у приміщеннях із значними площами застелених поверхонь передбачаються заходи щодо захисту від перегрівання при попаданні прямих сонячних променів в теплий період року (орієнтація віконних прорізів схід - захід, улаштування жалюзей та ін.). При

температурі внутрішніх поверхонь огорожуваних конструкцій вище допустимих величин робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

У виробничих приміщеннях з надлишком (явного) тепла використовують природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі та шахти розташовують безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. У разі неможливості або неефективності аерації встановлюють механічну загальнообмінну вентиляцію. При наявності одиничних джерел тепловиділень оснащують обладнання місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів та ін. У невеликих за об'ємом приміщеннях при виконанні робіт використовують системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається [67].

Зменшення впливу підвищеного рівня шуму. Відповідно до ГОСТ 12.1.029-80 для захисту від підвищеного рівня шуму в лабораторії можливе використання як колективних, так і індивідуальних заходів та засобів захисту [70]. Призначення засобів індивідуального захисту від шуму - перекрити найбільш чутливі канали проникнення звуку в організм - вуха. Такі засоби дозволяють одночасно попередити розлад і всієї нервової системи від дії інтенсивного подразника, яким є шум. До засобів захисту від шуму належать навушники, протишумові вкладки, шумозаглушувальні шоломи, протишумові костюми.

Коллективного захисту від шуму у лабораторії можна досягти зменшенням шуму в самому джерелі; зменшення шуму на шляху його поширення та організаційно-технічними заходами.

Найбільш оптимальними заходами захисту від шуму, які можна використати у лабораторії – це організаційно-технічні засоби, що передбачають дотримання правил технічної експлуатації, проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів, а також віддалене розташування центрифуг та холодильників від робочих місць. Крім того, для боротьби з шумом в лабораторії пропонується ввести додаткові акустичні заходи - звукоізоляція та звукопоглинання (встановлення звукоізоляційних кожухів).

4.2.1. Розрахунок загальнообмінної вентиляції для нормалізації температури робочого приміщення – лабораторії кафедри біотехнології НАУ

Підвищена температура робочого приміщення є небезпечним та шкідливим виробничим фактором. Джерелом цього фактору у лабораторії були термостати, автоклави, сушильні шафи, дистиллятори та електричні плитки. У теплу пору року робота вказаних приладів призводить до підвищення температури повітря робочого приміщення до 34-40 °С при відносній вологості 40-60 %, що негативно впливає на організм працівника.

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, "відкрите" полум'я та ін.) не повинна перевищувати 140 Вт/м² [71].

Оскільки у лабораторії було щонаймеш 6 джерел додаткового тепловиділення (термостати, автоклави, сушильні шафи, дистиллятори та електричні плитки), то можливо розрахувати повітрообмін (L_n) для нормалізації температури робочого приміщення.

При боротьбі з надмірним теплом необхідний повітрообмін визначається з умов асиміляції теплових надлишків об'ємом повітря, що подається, м³/год [72].

$$L_n = \frac{Q_{надл}}{c \cdot \rho_{np} \cdot (t_{вид} - t_{np})},$$

де $Q_{надл}$ - надлишкові тепловиділення, кДж/год;

c – питома теплоємність припливного повітря, в розрахунках беремо 1,01 кДж/(кг·К);

ρ_{np} - густина припливного повітря, в розрахунках беремо 1,2 кг/м³;

$t_{вид}$ - температура повітря, яке видаляється з приміщення, °К;

t_{np} - температура повітря, яке подається в приміщення, °К.

Враховуючи індивідуальні значення джерел додаткового тепловиділення у лабораторії сумарне значення $Q_{надл}$ становить 1000 кДж/год. Температура повітря,

яке видаляється з приміщення ($t_{вид}$) - 40 °С або 313,15 °К, температура повітря, яке подається в приміщення ($t_{пр}$) - 20 °С або 293,15 °К. Розрахуємо необхідний повітрообмін L_n , що забезпечить оптимальні умови праці.

$$L_n = \frac{Q_{надл}}{c \cdot \rho_{пр} \cdot (t_{вид} - t_{пр})} = \frac{1000}{1,01 \cdot 1,2 \cdot (313,15 - 293,15)} = 41,25 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Оскільки робоче приміщення невелике за об'ємом, то при виконанні науково-дослідних робіт необхідною та достатньою умовою успішної роботи є використання системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається.

4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки під час дослідження «цвітіння» водойм

Вірогідними джерелами пожежі під час виконання науково-дослідної роботи можуть бути: виникнення полум'я при перенавантаженні електричного обладнання (Уф-лампи, електричні плитки, атоклави) та пошкодженні електропроводки; незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації, займання легкоокисних органічних та неорганічних речовин (етанол у спиртовому пальнику для стерилізації) при контакті з вогнем або з окисниками внаслідок порушення правил зберігання легкозаймистих речовин, використанні відкритого полум'я, прямих удар блискавки в будівлю [73].

Для запобігання пожеж розробляють: організаційні, експлуатаційні, технічні, режимні, пожежоевакуаційні, тактико-профілактичні, будівельно-конструктивні заходи.

На випадок пожежі у робочому приміщенні у відповідних місцях завжди повинні бути: пожежний рукав; шухляда з піском; азбестова ковдра; вогнегасник; чотирихлористий вуглець. За умов виникнення пожежі в лабораторії всі наявні під рукою засоби гасіння необхідно негайно використовувати й одночасно викликати місцеву пожежну команду. Попередження пожежі в лабораторії може досягатися:

- максимально можливим застосуванням негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів;

- обмеженням маси і об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечним способом їх розміщення;

- ізолюванням горючого середовища;

- підтримуванням концентрації горючих газів, пари, суспензій і окислювача в суміші за межею їх спалаху;

- підтримуванням температури і тиску горючого середовища, за якими розповсюдження полум'я неможливе;

- максимальною механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з вживанням горючих речовин;

- встановленням пожежонебезпечного обладнання, по можливості, в ізолюваних приміщеннях чи на відкритих площадках;

- застосуванням для горючих речовин герметичного обладнання і тари;

- застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання від ушкоджень і аварій, встановленням відключаючих, відсікаючих та інших пристроїв;

На випадок пожежі у лабораторії застосовуються наступні організаційні заходи:

- проведення інструктажу з пожежної безпеки;

- приміщення з різною пожежною небезпекою розділені протипожежними перегородками з гіпсокартону із заповненням мінеральними плитами (границя вогнестійкості 1,25 години);

- у коридорах на шляхах евакуації персоналу передбачені протидимові та протипожежні перегородки;

- евакуаційні шляхи і виходи повинні втримуватися вільними, нічим не захащуватися і у разі виникнення пожежі забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівлі;

- розміщення пожежних кранів виконано у пожежних шафах, на шляхах евакуації персоналу шафи розміщені у нішах;

- електропроводка за підвісною стелею виконана з кабелів з мідними жилами у оболонці, що не розповсюджує горіння;
- проводки кабелів та проводів крізь стіни виконані у обрізах сталевих труб та закриті вогнетривкою сумішшю;
- приміщення підприємства обладнані протипожежною сигналізацією [74].

4.4. Висновки до розділу

Проаналізувавши умови праці при виконанні дипломної роботи у лабораторії на базі Факультету екологічної безпеки інженерії та технологій Національного авіаційного університету можна виділити ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які впливають на здоров'я і працездатність людини. Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 на працівника у лабораторії діяли фізичні небезпечні виробничі фактори. В лабораторії проводяться заходи щодо дотримання усіх норм та правил протипожежної та вибухової безпеки.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Антропогенні джерела забруднення водойм

Основним джерелом водопостачання для людства є річковий стік, який на Україні складає приблизно 83,5 млрд. м³ і розподілений він нерівномірно. На густонаселені регіони, де розміщені найбільш водосмні галузі припадає лише 30% прісної води (Донецько-Придніпровський і південний регіони України). Дефіцит води тут ставить важливі проблеми будівництва каналів для перерозподілу води та водосховищ. Основним водопостачальником на Україні є Дніпро, в меншій мірі забирається вода для господарських потреб із інших річок України (Дунай, Дністер, Південний Буг, Тиса та інші) [75].

Антропогенні перетворення континентальних вод досягли глобальних масштабів, що стало причиною порушення природних режимів великих озер і річок. Цьому сприяло будівництво гідротехнічних споруд таких як водосховища, зрошувальні канали, тощо, збільшення площ випаровування за рахунок зрошення, забруднення континентальних вод.

Темпи використання водних ресурсів у світі зростають значно швидше, ніж будівництво очисних споруд, тому особливо гостро постала проблема забруднення природних водойм.

Під забрудненням природних вод розуміють зміну їх фізичних, хімічних, біологічних та інших параметрів, що є причиною шкідливої дії на людину або природу, а також обмеження можливості використання води. Причинами забруднення природних водойм є ряд факторів як природного, так і антропогенного характеру [76].

Джерелами антропогенного забруднення водних об'єктів є промислові підприємства, комунальні господарства населених пунктів, які забезпечують збирання, очищення та скидання побутових, виробничих та поверхневих стічних вод

до водного об'єкта, неорганізовані поверхневі стічні води, які не стікають у систему водовідведення населеного пункту, а по рельєфу без очищення потрапляють до водного об'єкту [62].

Головним джерелом антропогенного забруднення є стічні води промислових підприємств. Стічні води низки підприємств містять деяку кількість важких металів, детергентів, нафтопродуктів та інших інгредієнтів. Ці речовини відсутні в незабруднених природних водах або ж містяться в значно менших концентраціях. Найбільша кількість забруднювальних речовин у воду потрапляє разом із стічними водами підприємств нафтопереробної, хімічної, целюлозно-паперової, металургійної, текстильної й деяких інших галузей промисловості.

Значної шкоди природним водам можуть завдати стічні води із сільськогосподарських територій в разі порушення технологій внесення агрохімічних засобів на сільгоспугіддя та їхнє надходження до водних об'єктів. Особливо це стосується колекторних і дренажних вод зрошуваних полів. Стік із сільськогосподарських угідь може бути поверхневим і ґрунтовим. Тому на цих територіях часто забруднюються ґрунтові води.

У зв'язку з широким використанням добрив значна частка із загального складу мінеральних компонентів, які стікають із сільгоспугідь, припадає на азот і фосфор.

З колекторними і дренажними водами до водних об'єктів потрапляють мінеральні й органічні речовини, а також пестициди. Під впливом надходження органічних речовин у водах річок інших водних об'єктів спостерігаються значні зміни концентрацій окремих компонентів, а також фауни і флори.

Збільшення ерозії ґрунтів при розорюванні сільгоспугідь, а особливо при поливі, сприяє стоку значної кількості мінеральних і завислих речовин, що призводить не тільки до забруднення водних об'єктів, а й до посилення темпів їхньої евтрофікації, порушення умов живлення.

Суттєвим джерелом забруднень водойм і водотоків є господарсько-побутові стічні води. Вони утворюються в результаті використання населенням водопровідної води для побутових цілей. Побутові стічні води містять фізіологічні виділення людей, відходи людської діяльності – миття посуду, прання білизни,

ганчір'я, папір тощо. За зовнішнім виглядом ці стічні води є рідиною з низькою прозорістю, сірим кольором і неприємним запахом.

У наш час збільшується забруднення повітряного басейну, що також погіршує якість води. В атмосферних опадах містяться мінеральні, органічні й завислі речовини і насамперед сполуки сірки, вуглецю, деякі важкі метали. Значне забруднення водою спричиняють «кислі» дощі як наслідок сполучення в атмосфері діоксиду сірки з парами води.

Гідрохімічний і гідробіологічний режими водних об'єктів значною мірою змінюються тепловими та атомними електростанціями за рахунок скидання теплих вод. Теплове забруднення порушує хід природних гідрохімічних процесів, часто спричиняє евтрофікацію водою [77].

Окремим джерелом забруднення водних об'єктів є аварійні ситуації на системах водовідведення, на очисних спорудах і промислових підприємствах, в результаті яких неочищені стічні води потрапляють до водних об'єктів [62].

5.2. Наслідки антропогенного забруднення водою

Високий вміст біогенів за рахунок надлишкових азота і фосфора, що містяться в насичених добривами стоках з сільськогосподарських угідь, стоках з тваринницьких комплексів, в миючих засобах господарсько-побутових стоків, кислотних дощах та інших відходах, стимулює автотрофну гіперпродукцію органічної речовини і результатом цього процесу є зміна стану якості води внаслідок надмірного розвитку альгофлори [78].

Антропогенна евтрофікація є причиною масового спалаху синьо-зелених мікроводоростей і в багатьох випадках призводить до деградації водою: погіршення якості води, забруднення водного середовища токсинами водоростей, зміна видового складу біоценозів, замори риби та ін. [77].

Водорості і ціанобактерії, що сильно розмножуються у верхніх горизонтах водойми, мають набагато більшу сумарну поверхню тіла і біомасу, чим нормальний рослинний комплекс при постійному рівні евтрофікації водоймища. При цьому

вночі фотосинтез в рослинах не йде, а процеси дихання продовжуються, що вимагає витрат кисню. В результаті кисень у верхніх горизонтах води стає майже вичерпаним, і спостерігається загибель організмів, що мешкають в приповерхневих водах, від його нестачі.

Велика кількість відмерлих організмів з верхніх шарів водоймища опускаються на дно, де відбувається їх розкладання, на що витрачається залишок кисню води. Все це приводить до загибелі бентосних організмів.

Окрім того, у донному ґрунті, позбавленому кисню, порушуються окисно-відновні процеси, виникає дефіцит кисню, проходить ферментативне анаеробне розкладання відмерлих організмів з утворенням таких отрут для живого як аміак, метан, феноли, сірководень тощо, що викликає подальше отруєння організмів у всіх ланках водойми, ще більш масоване відмирання, і як наслідок – додаткове збільшення використання кисню при розкладанні органіки.

В результаті відбувається зміна трофічного статусу водоймища, що супроводжується перебудовою всього водного угруповання і веде до переважання гнильних процесів (і, відповідно, зростанню каламутності, солоності, концентрації бактерій) у воді.

Ціанобактерії та водорості, роблять воду непрозорою з неприємним запахом, а також покривають камені слизовою плівкою. Така евтрофікована водойма втрачає своє господарське і біогеоценологічне значення.

Процес евтрофікації призводить до зростання чисельності синьо-зелених мікроводоростей, багато з яких продукують токсичні метаболіти (альготоксини). Речовини, що виділяються ними, відносяться до групи фосфор- і сірковмісних органічних сполук [78].

Альготоксини акумулюються у водній екосистемі, іноді трансформуються, але зберігають при цьому токсичність. Найбільша кількість альготоксинів звичайно потрапляє у воду водойм – джерел водопостачання при масовому відмиранні водоростевої маси. Інтоксикація може відбуватися при питному споживанні, купанні у водоймі, при споживанні риби, тощо.

Негативно впливає на стан здоров'я людей не тільки вода у період «цвітіння» синьо-зеленими мікроводоростями, але і повітря, яке забруднене летючими сполуками, що виділяються з копичень водоростей, які розкладаються [77].

Дія токсинів може виявлятися у виникненні дерматозів, шлунково-кишкових захворювань людини; у особливо важких випадках - при попаданні великої маси водоростей всередину організму може розвиватися параліч [78].

До негативних соціальних наслідків антропогенної евтрофікації, що спричиняє «цвітіння» водойми, відносять:

- підвищення ризику появи у воді біологічно активних речовин, у тому числі токсичних – метаболітів та продуктів розкладу водоростей;
- погіршення якості води за органолептичними, санітарно-мікробіологічними показниками;
- підвищення ризику утворення шкідливих речовин у процесі обробки води за існуючими технологіями (утворення діоксинів при хлоруванні води, забрудненої фенольними сполуками та ін.);
- погіршення умов життєдіяльності населення і підвищення ризику здоров'я людини при токсичному «цвітінні»;
- накопичення канцерогенних нітрозамінів під впливом підвищеного вмісту нітратів, нітритів;
- бактеріальне, вірусне, грибокве забруднення води внаслідок біологічного забруднення, що супроводжує «цвітіння» [77].

5.3. Висновки до розділу

Основними джерелами антропогенного забруднення є скидання неочищених вод від сполук фосфору та азоту промислових, комунально-побутових стічних вод; вимивання ґрунтовими водами й зливами мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь; надходження стічних вод тваринницьких комплексів; скидання теплих вод тепловими та атомними електростанціями. Це призводить до антропогенної евтрофікації та «цвітіння» водойм.

Антропогенна евтрофікація є причиною масового спалаху синьо-зелених мікроводоростей («цвітіння» водойми) і в багатьох випадках призводить до деградації водойм: погіршення якості води, забруднення водного середовища токсинами водоростей, зміна видового складу біоценозів, замори риби та ін.

Окрім трансформації екосистеми, «цвітіння» водойм призводить до ряду негативних соціальних, техногенних та економічних наслідків.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізувавши літературні джерела, було охарактеризовано явище «цвітіння» водойм і евтрофікації, причини, механізм та наслідки цих явищ, а також основних збудників «цвітіння» водойм.

2. Проаналізовано й описано існуючі способи подолання «цвітіння» водойм, а саме: механічні, фізико-хімічні, екологічні та біологічні; їх переваги та недоліки.

3. Було проаналізовано досвід подолання «цвітіння» водойм Північної Америки, Європи, Австралії та Східної Азії. Серед описаних способів подолання «цвітіння» водойм найефективнішими є: контроль основних джерел надходження фосфатів у воду (викиди муніципальних очисних споруд, промислові відходи та сільськогосподарські стоки); заборона використання фосфатних миючих засобів; впровадження нових технологій очищення стічних вод; захистити ґрунтів від ерозії; використання ультразвуку.

4. Було проаналізовано стан річкових України, джерела антропогенного забруднення, основні причини виникнення «цвітіння» водойм та способи регулювання цього явища. Найперспективнішим є механічний спосіб, зокрема збирання біомаси водоростей для отримання біогазу.

5. Запропоновано заходи по регулюванню евтрофікації та «цвітіння» водойм України, що включають: зменшення надходження біогенних елементів, моніторинг якості поверхневих вод та прогнозування їх змін, внесення змін до нормативно-правової бази в галузі водокористування та охорони довкілля, регулювання гідрологічних умов водойм та створення природоохоронних зон навколо водойм.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Янко Н. В. Антропогенна евтрофікація Шацьких озер / Н. В. Янко, В. В. Станкевич, Н. М. Коваль // Довкілля та здоров'я. – 2014. – № 3. – С. 51-55. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dtz_2014_3_12.
2. Бохан Ю.В. Аналітичний моніторинг екологічного стану природних поверхневих водних об'єктів Кіровоградської області / Ю.В. Бохан, О.В. Терещенко // Здоровий спосіб життя – здорова людина – здорове суспільство: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 10-11 квіт. 2014 року, м. Кіровоград / М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т.-Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 25-28.
3. Еколого-гідроморфологічний аналіз проблем підтоплення земель у зоні впливу дніпровських водосховищ / С.С. Дубняк // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. – 2007. – Вип. 256. – С. 293-307.
4. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування [Монографія] / С.В.Дудник, М.Ю.Євтушенко. –К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.
5. Barsanti, L. & Gualtieri, P. Algae: Anatomy, Biochemistry, And Biotechnology – Boca Raton, FL: CRC Press. p. 1., 2014. – 301 pp.
6. Основи гідроекології: теорія й практика: навч. посіб. / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 365 с.
7. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти: підручник / В. К. Хільчевський. – К. : ВЦ “Київ. ун-т”, 1999. – 319 с.
8. Пресслужба Укргідроенерго. Проблема цвітіння води в Україні: як її вирішити? URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentrv/novyny/problema-cvitinnya-vodi-v-ukraini-yak-ii-virishiti
9. Причини, що зумовлюють цвітіння води та як з ними боротись. URL: https://darg.gov.ua/prichini_shcho_zumovljujutj_0_0_0_6500_1.html
10. Добрянська Т.І. Механізми забезпечення сталого розвитку

водогосподарського комплексу України: дис. канд. ек. наук : 08.00.03 / Т.І. Добрянська – Львів, 2016. – 158 с. – Режим доступу: http://www.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/04/dis_dobrianska.pdf

11. Роль водоростей у біологічному забрудненні поверхневих вод та утворенні хлороформу у питній воді / І. В. Данилова // Збалансоване природокористування: науково-практичний журнал. – 2016. – № 4. – С. 217-220.

12. Пасенко А. В. Основні підходи до математичного моделювання біологічної продуктивності ціаней як сировинної бази біоконверсії / А. В. Пасенко, О. В. Новохатько, Т. Ф. Козловська, С. В. Дігтяр, О. О. Никифорова // Екологічна безпека. – 2016. – Вип. 2. – С. 118-127. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2016_2_19

13. Гриб О.М. Антропогенний вплив на водні екосистеми: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2018. – 194 с.

14. Харламова О.В. Теоретичне обґрунтування можливості реалізації елементів управління екологічною безпекою в природно-антропогенних водоймах / О.В. Харламова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2016. – № 2(14). – С. 159-165.

15. Global warming and hepatotoxin production by cyanobacteria: What can we learn from experiments? / R. El-Shehawy, E. Gorokhova, F. Fernández-Piñas [et al.] // Water Research. – 2012. – Vol. 46, N 5. – P. 1420 – 1429.

16. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоёмов. 3 издание, дополненное и переработанное. Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 152 с.

17. Никифоров В.В. Обеспечение экологической безопасности Днепровского бассейна путём использования гидробионтов для получения биогаза / В.В. Никифоров, С.В. Дегтярь, Е.В. Шмандий // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности: межвузовский сб. науч. работ. – М.: Машиностроение, 2008. – Вып. 5. – С. 51-56.

18. Батог С. В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва: дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / С. В. Батог; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – Київ, 2018. – 249 с.

19. Синельников О. Д. Забезпечення екологічної безпеки водосховищ шляхом використання мікроводоростей для виробництва енергоносіїв: дис. канд. техн. наук, спец. 21.06.01 / О. Д. Синельников ; наук. кер. М. С. Мальований; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – 144 с. – Режим доступу: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/34306/4/dis_synelnikov.pdf

20. Butler B, Terlizzi D, Ferrier D. Barley Straw: A Potential Method of Algae Control in Ponds. Water Quality Workbook Series. Maryland Sea Grant Extension Program. University of Maryland College Park, Maryland, USA, 2001. – 4 pp. URL: <https://www.mdsg.umd.edu/sites/default/files/files/Barley%20Straw.pdf>

21. Sengco M.R. and D.M. Anderson. Controlling harmful algal blooms through clay flocculation / M.R Sengco // J. Eukaryot. Microbiol. – 2004 – №51(2) – 169-172 pp. URL: https://www.whoi.edu/cms/files/Sengco&Anderson_2004_clay_Eukar-microb_32231.pdf

22. How to prevent algal blooms in lakes and reservoirs. URL: <https://www.lgsonic.com/how-to-prevent-algal-blooms/>

23. Человек и биосфера. Ученые Украинской ССР в реализации программы ЮНЕСКО: Сб. науч. трудов. – К., 1983.

24. Охріменко О. В. Використання білого товстолоба як біомеліоратора водойм-охолоджувачів АЕС / О. В. Охріменко // Тваринництво України. – 2014. – № 3-4. – С. 2-5. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/TvUkr_2014_3-4_3

25. Мкртчян С.С., Петренко С.О. Использование высших водных растений на примере Эйхорнии для биологической очистки водоемов и сточных вод / С.С. Мкртчян, С.О. Петренко // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку ХХІ сторіччя» (17-18 жовтня 2019 р., Одеса): зб. тез доп. – Одеса: ТЕС, 2019. – 164 с.

26. Проведення робіт з паспортизації річки Уж з метою розроблення заходів щодо відновлення сприятливого гідрологічного режиму. Звіт науково-дослідної роботи № 2/17, затверджено Вченою радою ЖДТУ, протокол №4 від «27» листопада 2017 р.

27. Алексей Гиляров. Чтобы водоем не «цвел», надо снизить поступление в

него

фосфора.

URL:

https://elementy.ru/novosti_nauki/431887/Chtoby_vodoem_ne_tsvel_nado_snizit_postuplenie_v_nego_fosfora#n431887

28. Екологічна біотехнологія переробки синьо-зелених водоростей : монографія / Загірняк М. В., Никифоров В. В., Мальований М. С., Самешова Д., Козловська Т. Ф., Єлізаров М. О., Штрбова Е., Шлик С. В., Дігтяр С. В. – Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2017. – 104 с.

29. Sarkar, S. K. Marine Algal Bloom: Characteristics, Causes and Climate Change Impacts. – Springer Singapore, 2018. – 172 p.

30. Олена Струк. Зелений Дніпро. URL: <https://texty.org.ua/d/static/wrack/>

31. Building partnerships to scale up conservation: 4R Nutrient Stewardship Certification Program in the Lake Erie watershed / C. Vollmer-Sanders [et al.] // J. Great Lakes Res. – 2016. – №42. – 1395-1402 pp.

32. Effects of riparian buffer vegetation and width: A 12-year retrospective study / S.E, King [et al.] // J. Environ. Qual. – 2015. – №45 (4). – 1243-1251 pp.

33. Rounsefell G.A., Evans J.E. Large-scale experimental test of copper sulfate as a control for the Florida red tide. U.S. Fish Wildlife Service Special Science Report № 270. – 1958.

34. Melissa Denchak, Melanie Sturm. Freshwater Harmful Algal Blooms 101. URL: <https://www.nrdc.org/stories/freshwater-harmful-algal-blooms-101>

35. State HABs resources. URL: <https://www.epa.gov/cyanohabs/state-habs-resources#oklahoma>

36. Herath, G. Freshwater algal blooms and their control: comparison of the European and Australian experience / G. Herath // Journal of Environmental Management. – 1997. – №51 (2). – 217-227 pp.

37. Наталя Яковлева. У Європі визначили найзеленіше місто, яке використовує енергію лише з відновлюваних джерел. URL: <https://ecotown.com.ua/news/U-vropi-viznachili-nayzelenishe-misto-yake-vikoristovu-energiyu-lishe-z-vidnovlyuvanikh-dzherel/>

38. Kathryn Hansen. Beguiling Bloom in The Baltic Sea. URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147135/beguiling-bloom-in-the-baltic-sea>

39. Fornshell G. Barley Straw for Algae Control. URL: [Barley Straw for Algae Control \(utah.gov\)](http://www.utah.gov/BarleyStrawforAlgaeControl)
40. Treatment for Harmful Algal Blooms gets LG Sonic European Business Award. URL: <https://wateralliance.nl/en/treatment-for-harmful-algal-blooms-gets-lg-sonic-european-business-award/>
41. Michele Burford. Explainer: what causes algal blooms, and how we can stop them. URL: <https://theconversation.com/explainer-what-causes-algal-blooms-and-how-we-can-stop-them-109646#:~:text=In%20Australia%2C%20our%20algal%20blooms,%2C%20or%20more%20accurately%2C%20cyanobacteria.&text=In%202016%2C%20for%20example%2C%201%2C700,impact%20the%20environment%20and%20economy.>
42. Clay-based Management for Removal of Harmful Red Tides in Korea: A Multi-perspective Approach / M.-H. Choi, S.C. Lee, Y.-K. Oh, H.U. Lee, Y.-C. Lee. // Journal of Marine Bioscience and Biotechnology. – 2014. – Vol. 6(1). – 17-25 pp.
43. Паламарчук М.М., Загорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. За ред. В. М. Хорева, К. А. Алієва. – Київ: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
44. Яцик А.В. Малі річки України. Довідник / А.В. Яцик. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.
45. Джуган В.О. Склад водного фонду України / В.О. Джуган // Прикарпатський юридичний вісник. – 2011. – № 1. – С. 150-161.
46. Клименко М.О., Залеський І.І. Збалансоване використання водних ресурсів: навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2016. – 337 с.
47. Горбань С.С. Тече річка в синє море // Водне господарство України. – 2006. – С. 15-18.
48. Про забруднення водних ресурсів зворотними водами у цифрах за останній період. URL: <https://ecolog-ua.com/news/pro-zabrudnennya-vodnyh-resursiv-zvrotnymy-vodamy-u-cyfrah-za-ostanniy-period>
49. Харчові отруєння фікотоксинами: етіологія, клініка, профілактика (Огляд літератури) [Електронний ресурс] / В.І. Слободкін, В.М. Левицька // Проблеми харчування. – К. – С. 36-49. – Режим доступу: http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/nutrition/2012/1-2_12/str36.pdf

50. Ольга Довгань-Левицька. Українські моря через екологічні зміни зіткнулися з явищем "червоних припливів". Що це таке, наскільки небезпечно та як вирішити проблему? URL: <https://omore.city/read/istorii/107422/scho-take-chervoni-prilivi-yaka-prichina-ta-naslidki>

51. Вишневський В. І. Ріка Дніпро / В. І. Вишневський. –К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.

52. Дігтяр С.В. Розробка біотехнології переробки масових форм гідробіонтів: дис. канд. техн. наук, спец. 03.00.20 / С.В. Дігтяр; М-во освіти і науки України, Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2019. – 126 с. – Режим доступу: <https://www.onaft.edu.ua/download/dissertation/thesis/Disser-Digtyar.pdf>

53. Новіцький Р. О. Масштаби, спрямованість та наслідки інвазій чужорідних видів риб у дніпровські водосховища: дис. д-р. біол. наук, спец. 03.00.10 «Іхтіологія» / Р. О. Новіцький; Ін-т гідробіології НАНУ. – К., 2019. – 285 с. – Режим доступу : http://hydrobio.kiev.ua/images/text/doc/Dys_Novitskiy_2019.pdf

54. Мальований М. С. Оцінювання екологічної небезпеки в акваторіях Дніпровських водосховищ внаслідок неконтрольованого розвитку ціанобактерій / М. С. Мальований, В. В. Никифоров, О. В. Харламова, О. Д. Синельников // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.6. – С. 159-164. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2015_25.6_28

55. Вишневський В. І. Ріка Дніпро / В. І. Вишневський. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.

56. Всеукраїнська акція «Стоп фосфатам!». URL: <https://www.zhiva-planeta.org.ua/stop-fosfaty.html>

57. Київводоканал розпочинає акцію «Стоп фосфати». URL: <https://www.vodokanal.kiev.ua/news/ki%D1%97vvodokanal-rozpochina%D1%94-akcz%D1%96yu-%C2%ABstop-fosfati%C2%BB/>

58. Водна стратегія міста Києва 2018-2025 рр. / Борисова О. В., Вишневський В. І., Цветкова Г. М., Гончаренко Г. В., Гінзула М. Я., Ситник Ю. М. – К. : Плесо, 2018. – 124 с.

59. Юрій Шарило, Олена Деренько. Хлорела – органічний метод очищення

https://darg.gov.ua/hlorela_organichnij_metod_0_0_0_9333_1.html

60. Мкртчян С.С., Петренко С.О. Альголізация водоёмов одноклеточной водорослью *Chlorella Vulgaris* для предотвращения их «цветения» / С.С. Мкртчян, С.О. Петренко // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку XXI сторіччя» (17-18 жовтня 2019 р., Одеса): зб. тез доп. – Одеса: ТЕС, 2019 . – 164 с.

61. Триліс, В. В. Досвід боротьби з «цвітінням» природних водойм за допомогою внесення концентрату хлорелли (*Chlorella vulgaris* beijer.) / В. В. Триліс, Т. М. Середа // Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 14-15 листопада 2019 р., м. Київ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 198-200.

62. Еколого - економічні основи природокористування: Курс лекцій. Для аспірантів денної форми навчання, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 101 «Екологія». Освітньо-кваліфікаційний рівень «доктор філософії». / Укладач: О.О. Дмитрієва. – Х: УНДІЕП, 2016. – 277 с.

63. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

64. Основи охорони праці / Запорожець О. І. [та ін.]. – Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.

65. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.

66. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

67. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.

68. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності/ О. В. Березюк, М. С. Лемешев.– Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.

69. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

70. ГОСТ 12.1.029-80. Система засобів безпеки праці. Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація.

71. Определение интенсивности теплового излучения [Электронный ресурс]: учебное электронное текстовое издание / В.С. Мушников, И.Н. Фетисов, Е.Е. Барышев. – Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. – 15 с.
72. Методичні вказівки до дипломного проекту «Розрахунок загальнообмінної вентиляції» з розділу «Охорона праці» /Укладачі: Л.О.Гурець, О.П.Будьоний.– Суми: Видавництво СумДУ, 2010. – 23с.
73. Захаров Л. П. Техника безопасности в химических лабораториях. – Л.: Химия, 1985. – 184 с.
74. Иванов Б. И. Пожарная безопасность в химических лабораториях. М.: Химия, 1988. – 112 с.
75. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навчальний посібник. – К.: Національна академія управління, 2005 р. – 304 с.
76. Сухарев С. М. Основи екології та охорони довкілля: навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю.// К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 394 с.
77. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунар'юв / за ред. В. К. Хільчевського – К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 172 с.
78. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали науковотехнічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факту технічних систем та енергоефективних технологій, м. Суми, 23-26 квітня 2013 р.: у 2-х ч. / Ред.кол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. - Суми : СумДУ, 2013. – Ч.2. – С. 199-200.