

**ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ДЛЯ ШТУЧНОГО  
РИБНИЦТВА**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1</b> ПРОЦЕСИ ЕВТРОФІКАЦІЇ У ПРІСНИХ ВОДОЙМАХ, ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ТА ВПЛИВ НА АКВАБІОТУ.....	4
1.1 Підвищена температура та знижена концентрація кисню у водоймі як основні фактори процесу евтрофікації .....	9
<b>РОЗДІЛ 2</b> СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З ПРОЦЕСОМ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМ .....	13
<b>РОЗДІЛ 3</b> МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ ВЗДОВЖ ВОДОЙМИЩА .....	17
<b>РОЗДІЛ 4</b> ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМ .....	21
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	24
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	25

## ВСТУП

Поверхневі водні об'єкти широко використовуються людством у різних галузях народного господарства, а саме для питного та технічного водопостачання, рекреації, риборозведення, судноплавства, виробництва електричної енергії, скиду зливових і стічних вод з різним ступенем очищення. Використання водних ресурсів супроводжується посиленням антропогенного навантаження на водні екосистеми. До найбільш уразливих відносяться водойми для штучного риборозведення

На сьогодні процеси та закономірності зростаючої швидкості розповсюдження евтрофікаційних процесів водойм, є недостатньо вивченими та не існує єдиної установки, конструктивні параметри якої зможуть забезпечити оптимальні умови, які сприятимуть розведенню промислової риби, як у літній, так і в зимовий період року, а отже це є **актуальною проблемою** сьогодення.

До якості води, що використовується для риборозведення висуваються найбільш жорсткі вимоги, тому **метою роботи** є створення таких умов, при яких не будуть розвиватись процеси евтрофікації.

### **Завдання:**

1) зробити літературний огляд проблеми розповсюдження евтрофікаційних процесів у прісних водоймах, їх причини виникнення та вплив на аквабіоту;

2) визначити основні фактори впливу на поширення евтрофікаційних процесів;

3) зробити огляд існуючих на сьогодні способів та засобів попередження евтрофікаційних процесів у водоймах для риборозведення;

4) змоделювати розподіл температури водоймища при перемішуванні води;

5) обґрунтувати конструкцію пристрою для забезпечення оптимальних умов при риборозведенні.

**Об'єкт досліджень** – процес забезпечення сприятливих умов для риборозведення.

**Предмет досліджень** – чинники створення сприятливого мікроклімату водойми.

## РОЗДІЛ 1 ПРОЦЕСИ ЕВТРОФІКАЦІЇ У ПРІСНИХ ВОДОЙМАХ, ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ТА ВПЛИВ НА АКВАБІОТУ

Водні ресурси країни – джерело отримання питної води для населення. А беручи до уваги той факт, що їх запаси розподіляються по території України не рівномірно (найбільші вони на заході, найменші – в південних районах Донецької, Запорізької, Херсонської, Одеської областей), це вимагає раціонального їх використання і охорони від забруднення.

Проблема забруднення річкових вод у нашій країні давно придбала загальнонаціонального масштабу. Практично усі водойми країни наближаються до III-го і IV-го класів якості, тобто характеризуються як забруднені і брудні. Найгостріша ситуація спостерігається в басейнах Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоках Дністра і Західного Бугу, де якість води класифікується як «дуже брудна» (V клас).

Однією з найбільших проблем забруднення річок є погана якість очищення стічних вод. У багатьох регіонах взагалі відсутній повний комплекс очисних споруд і зон санітарної охорони. Деякі водопроводи не обладнані знезаражувальними установками (особливо характерно для Івано-Франківської, Тернопільської, Одеської, Житомирської і Закарпатської областей). Тому значний відсоток промислових і господарчо-побутових відходів, які підприємства зливають в річки, не очищаються або не відповідають встановленим санітарним вимогам.

Забруднення водойм надлишковими біогенними елементами (органічні речовини, яйця гельмінтів, патогенні бактерії, сульфати, хлориди, важкі метали, пестициди, фосфатні та нітратні добрива) підвищує рівень первинної продукції: в евтрофних водоймах виникає масовий розвиток мікроскопічних водоростей і спостерігається «цвітіння» води. Збільшення кількості мікроскопічних водоростей зменшує прозорість води. Типове явище в високопродуктивних водоймах – цвітіння вод синьо-зеленими водоростями, багато видів яких є отруйними.

Евтрофікація - це швидке зростання мікродоростей, що виникає внаслідок збагачення води поживними речовинами, особливо сполуками азоту та / або фосфору, що порушує баланс водних організмів та якість води. За рівнем евтрофікації водосховища поділяються на оліготрофні (слабо евтрофіковані), мезотрофні (помірно евтрофіковані) та евтрофічні (сильно евтрофіковані). Крім того, у рідкісних випадках гіперотрофні (досить сильно евтрофіковані) водосховища поділяють на окрему категорію, що призводить до масового знищення біоти та різких змін параметрів екосистеми [1].

До факторів навколишнього середовища, пов'язаних із опосередкуванням розвитку ціанобактерій та діяльністю людини, належать:

- органічні інгредієнти;
- змішування, турбулентність;
- вертикальна стратифікація та стійкість водяних стовпів;
- взаємодія з мікробами, конкурентами та споживачами;
- вміст розчиненого кисню;
- зміна клімату.

Основним фактором, що викликає евтрофікаційні процеси є азот, фосфор та кремній у деяких сполуках. Найважливішими є фосфор і азот, які є необхідними елементами тканини будь-якого живого організму [2, 3].

Симптомами евтрофікації водних об'єктів є заростання прибережної зони водоростями, а також збільшення кількості епіфітів (рослин, що мешкають на інших рослинах) і «забруднюючих» макроскопічних водоростей. Евтрофікація також істотно погіршує стан довкілля багатьох цінних порід риб.

Поширення або цвітіння ціанобактерій представляє загрозу для всіх організмів. Основна біомаса патогенної мікрофлори у водоймах зосереджена в «точках цвітіння» [4]. З цієї причини цвітіння деяких водоростей має багато медичних, екологічних та економічних наслідків. Ціанобактерії порушують екологічний баланс водного середовища і погіршують його. Крім того, вони можуть впливати на туризм та соціально-економічну діяльність. Кілька поширених ціанобактерій мають здатність виробляти токсини, так звані

ціанотоксинами, які впливають на стан людини, худоби, домашніх тварин та дику природу [5, 6]. На вироблення токсину впливає щільність водоростей, генетичний потенціал та навколишнє середовище. Важливими факторами навколишнього середовища є взаємодія між концентрацією біогенних елементів, температурою води, інтенсивністю світла, рН води, умовами вітру та водними організмами, такими як живлення та конкуренція. Виробництво токсину, як правило, частіше зустрічається влітку, але може відбуватися в будь-який час року [7-10]. Ці токсини гепатотоксичні, нейротоксичні, дерматотоксичні, цитотоксичні, запальні та подразнюючі [11, 12]. У забруднених озерах та ставках тварини можуть піддаватися дії ціанотоксинів під час пиття або контакту з водою. Інші впливи на Людина може отруїтися ціанотоксинами під час пиття води, вживання забрудненої їжі.

Водорості зі швидким розмноженням, викликають цвітіння водойм. Сюди входять еукаріотичні зелені водорості або хлорофіл, динофлагелати, кріотофіти, хризопіти (включаючи діатомові водорості) та прокаріотичні синьо-зелені водорості або ціанобактерії. Ціанобактерії, є найбільш небезпечною групою водоростей .

У прісних водоймах розвиток шкідливих водоростей спричиняють деякі види ціанобактерій роду *Anabaena*, *Microcystis* і *Aphanizomenon* [13]. Ці види водоростей, які широко ростуть у водоймах незалежно від розміру, типу та географічного розташування [14]. Токсини, що виробляються ціанобактеріями в морських та прісноводних системах, спричиняють неприємні смаки та запахи, пошкоджують харчові ланцюги, викликають забруднення води та можуть спричинити гіпоксію води [15].

Спільно із співробітниками кафедри природоохоронної діяльності отримали за допомогою мікроскопу XSP - 128 зображення таких видів ціанобактерій, як *Anabaena*, *Microcystis* і *Aphanizomenon* (рис. 1.1, 1.2). Зразки були відібрані з водойми для рибництва, серпень 2020 року.

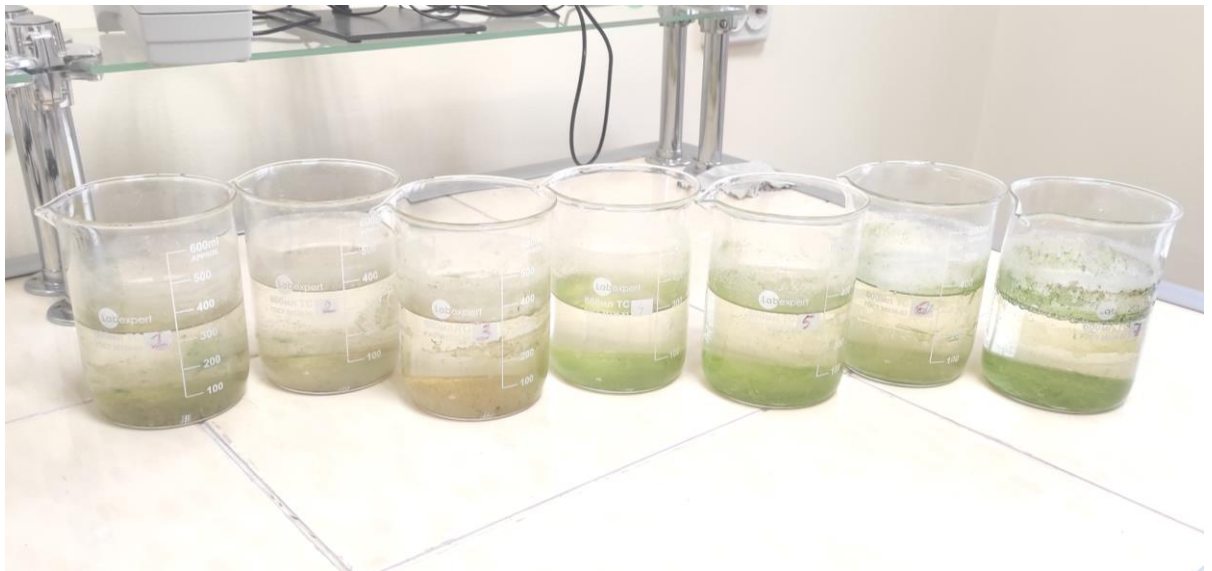
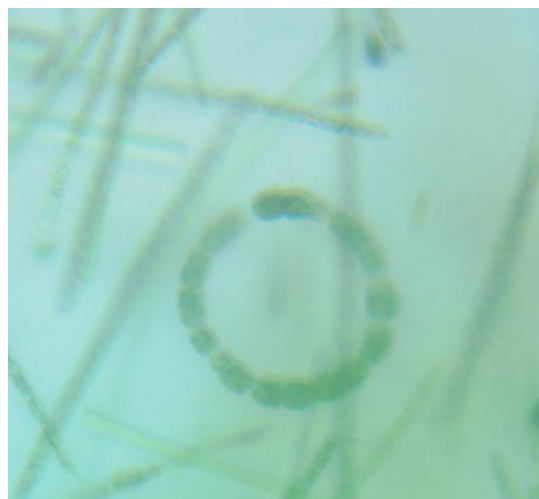
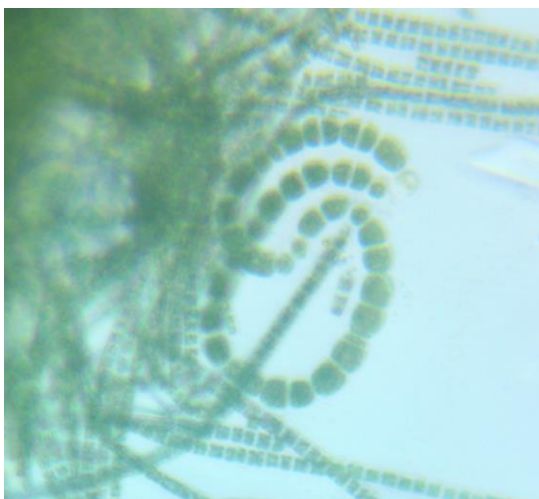
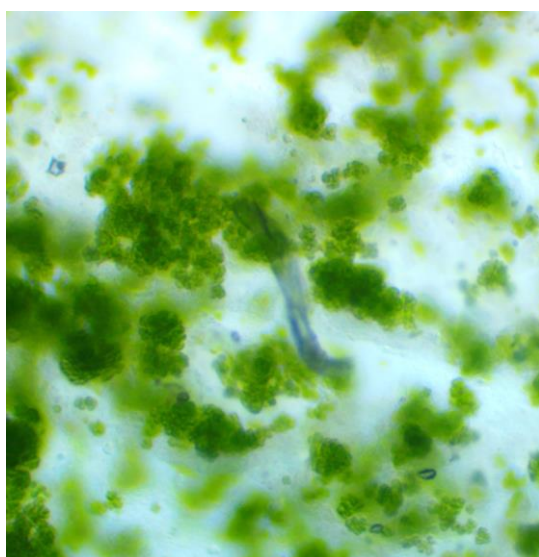
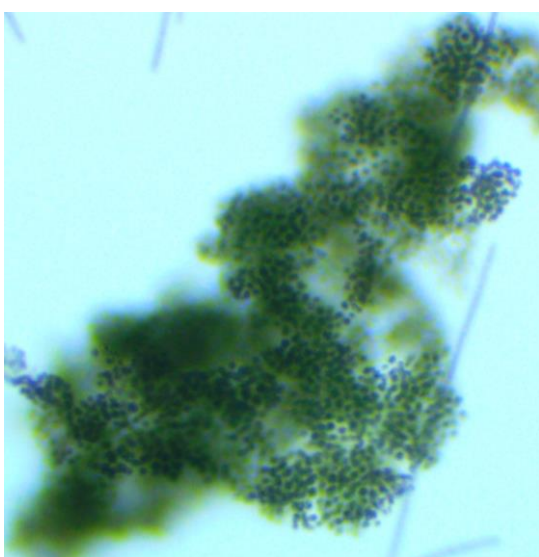


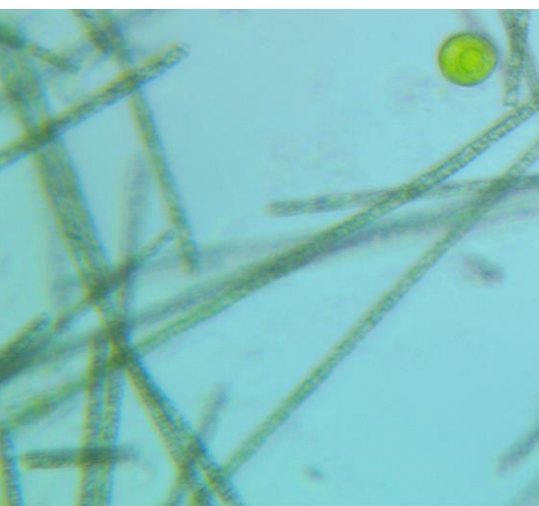
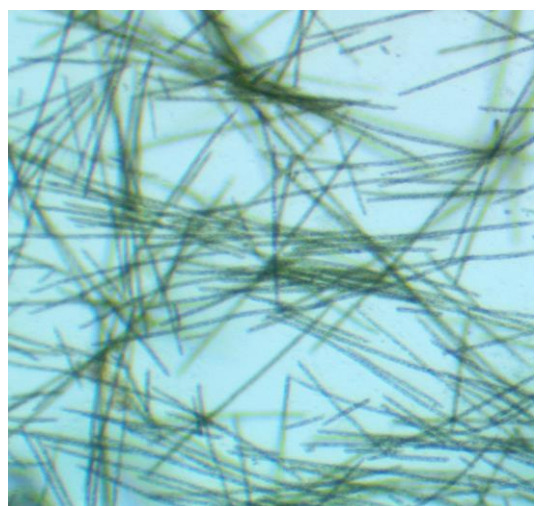
Рисунок 1.1 – Мікроскопічна зйомка зразків «квітучої» води



Anabaena



Microcystis



Aphanizomenon

Рисунок 1.2 - Представники ціанобактерій



Отже цвітіння водоростей з високою щільністю клітин можуть швидко виснажувати поживні речовини, збільшувати каламутність (і, отже, зменшувати прозорість), виділяти неорганічний вуглець ( $\text{CO}_2$ ), зменшувати кисень, спричиняти значні хімічні та біологічні зміни та спричиняти гіпоксію (менше 4 мг кисню), аноксію (кисню не виявлено), виділення токсичного сірководню та швидке вивільнення поживних речовин із відкладень, що ще більше посилює евтрофікацію та цвітіння. Такі водойми неможливо використовувати для відпочинку, рибництва. Крім того, деякі види виробляють сполуки, токсичні для біоти, включаючи безхребетних (наприклад, зоопланктон), риб і молюсків, а також людей, включаючи споживачів питної води [16].

1.1 Підвищена температура та знижена концентрація кисню у водоймі як основні фактори процесу евтрофікації

Дефіцит розчиненого у воді кисню є основною причиною загибелі риби, що завдає великих збитків рибництву. Це може відбуватися, як в літній період року так і в холодний. Поряд з хворобами, дефіцит кисню найчастіше зводить до нуля всі зусилля, спрямовані на розведення риби.

Різні види риб мають різні порогові концентрації кисню (табл. 1.1). Однак при утриманні риби в ставках не слід орієнтуватися на порогові значення кисню, тому що стан риби при порогових значеннях кисню - це стан сильного стресу, попереднє загибелі, будь-яке зменшення вмісту кисню, навіть до 50% насичення, може знизити споживання їжі і темп зростання молоді риб за інших сприятливих умовах.

Існує певна добре виражена залежність між активним обміном (тобто фізичною активністю) і насиченням води киснем. Для осетрових, окуневих і лососевих риб діапазон кисневих потреб лежить в межах від 50 до 90% нормального насичення. Вміст кисню в воді необхідно підтримувати близьким до повного насичення 90-100% (або 12-13 мг / л в зимовий період і 6-8 мг / л в літній).

Таблиця 1.1 – Порогові значення концентрації кисню (перераховано з мл / л в більш звичні мг / л O<sub>2</sub>) [17]

Вид риби	Порогові концентрації кисню, мг/л O <sub>2</sub>
Коропові	
Короп	1,0-1,43
Карась	0,1-0,13
Плотва	0,1-0,43
Лінь	0,43-0,14
Осетрові	
Осетер	1,43-1,85
Севрюга	1,86-2,43
Стерлядь	3,43
Лососеві	
Форель (при 10° С)	1,86-2,57
Лосось молодь	1,14 - 1,86
Окуневі	
Окунь (1 рік)	0,71-1,43
Судак	0,57-0,86

Відносна кількість кисню у воді виражається у відсотках від її нормального складу і називається рівнем насичення киснем. Ці параметри залежать від температури води, атмосферного тиску та рівня мінералізації (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Нормальна концентрація кисню при даній температурі і загальному тиску [18]

Розчинність	Температура води, °С								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
мгO <sub>2</sub> /л	14,6	11,3	9,1	7,5	6,5	5,6	4,8	2,9	0,0

Підвищення продуктивності водойм збільшує вживання кисню для розкладання органічної речовини, що веде до зменшення вмісту кисню в воді, особливо в придонних шарах води і / або в зимовий час. Відсутність розчиненого кисню і утворення сульфіду водню ( $H_2S$ ) призводять до замору водних організмів. Відсутність кисню в придонних шарах води викликає активне надходження фосфору з донних відкладень у воду і підсилює процес евтрофікації.

Вміст кисню в поверхневих водах є непрямую характеристикою оцінки якості поверхневих вод. За цим показником поверхневі водойми можна розділити на наступні класи (зі ступенем насичення киснем, %):

Таблиця 1.3 – Класифікація водойм за вмістом кисню у воді [19]

Рівень забрудненості води та клас якості	Вміст розчиненого кисню		
	Літо, мг/л	Зима, мг/л	Ступінь насиченості
Дуже чисті, I клас	9	14 - 13	95
Чисті, II клас	8	12 - 11	80
Помірно забруднені, III клас	7 - 6	10 - 9	70
Забруднені, IV клас	5-4	5-4	60
Брудні, V клас	3-2	5-1	30
Дуже брудні, VI клас	0	0	0

Знижений вміст кисню у воді вказує на хімічне та/або біологічне забруднення. Для поверхневих вод мінімальна концентрація 75% вважається нормальною.

Вміст розчиненого кисню є важливим елементом між мінеральними та органічними компонентами водного середовища. Бере участь в окисленні водних організмів для дихання. Склад розчиненого в середовищі кисню залежить від температури та тиску атмосфери. Коли температура перевищує (наприклад, від

25°C до 35°C), на поверхні водойми утворюється тепловий шар – термоклін (рис. 1.3) [20]. Це відбувається через те, що тепла вода прагне вгору, а холодна – до низу, в цьому шарі кисень практично не розчиняється і в результаті під термокліном утворюється зона кисневого голодування.

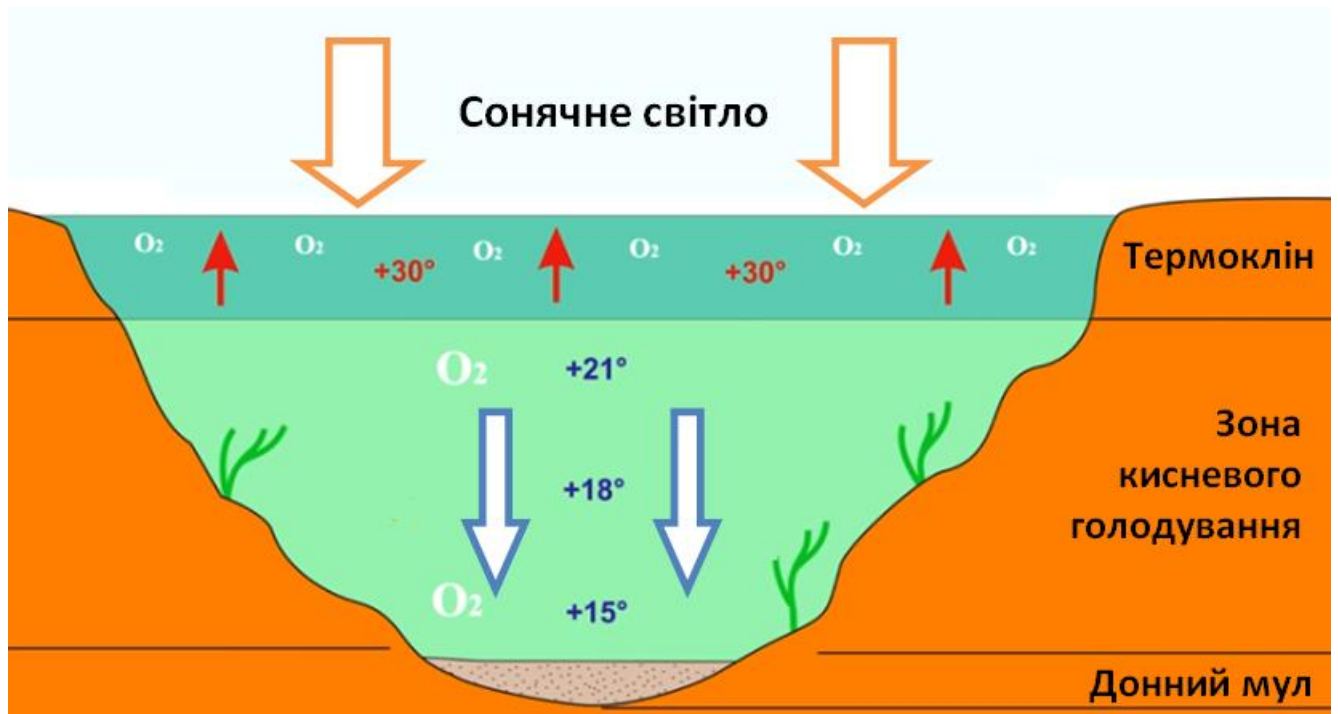


Рисунок 1.3 – Стратифікація температури у водоймі

Середовище поверхневого шару водойми стає ідеальним для росту водоростей через високу температуру, достатньої кількості світла та залишків кисню. В результаті на поверхні зростає щільний шар водоростей, який перекриває доступ сонячного світла та повітрообмін. Зупиняється фотосинтез донних водоростей, в результаті чого починає накопичуватись вуглекислий газ. Через велику кількість CO<sub>2</sub> водорості та риба починають вимирати, утворюючи під час розкладання сірководень та аміак.

## РОЗДІЛ 2 СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З ПРОЦЕСОМ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМ

Якість прісної води у ставках, дамбах, річках та інших дамбах значною мірою залежить від процесу очищення, який полягає у повноті всіх природних процесів стічних вод і полягає у збереженні природних ресурсів та структури води. . Потенціал зберігання шляхом самоочищення визначається тими ж процесами, що і моніторинг, відновлення та деградація складної органічної речовини.

Боротьба з процесами евтрофікації включає фізичні, зокрема штучна механічна очистка та аерація, хімічний та біологічний методи.

Фізичні впливи зводяться до розведення евтрофікованих вод чистими, зниження їх прозорості (взмуювання та ін.), видалення мулу і багатих біогенами вод гіполімніона, а також до аерації води.

Також досить перспективним методом є кавітація, вплив на водойми ультразвуком, що викликає виникнення в рідині пухирців з парогазової сумішшю. Розрив бульбашок супроводжується руйнуванням прилеглих клітин водоростей. Однак на практиці цей спосіб застосовувався поки що тільки в якості експерименту в Ладозькому озері.

Аерація - насичення води повітрям або киснем - дуже важливий процес в рибництві. Гідробіонти, що представляють промисловий інтерес, споживають кисень; навіть фотосинтезуючі рослини в темряві споживають кисень. За винятком періодів високої фотосинтезуючої активності водоростей, кисень надходить у воду з повітря.

Існують аератори чотирьох типів: гравітаційні, поверхневі, дифузійні і турбінні, а також конструкції, в яких поєднуються різні ознаки. Аератори використовують подводимую енергію для збільшення площі поверхні, через яку переходить кисень, і для перемішування рідини. При цьому вода з низьким вмістом кисню вступає в контакт з повітрям або газоподібним киснем. При перемішуванні збільшується площа поверхні, а також градієнт концентрації

кисню, за яким відбувається перенесення кисню. На багатьох станціях очистки міських стічних вод аератори використовуються для збільшення швидкості потоку рідини в басейнах і підтримки дрібних твердих частинок в підвішеному стані. При такому використанні аераторів потреба в енергії зростає. Застосування аераторів для обробки міських стічних вод широко висвітлено в спеціальній літературі. Однак при культивуванні гідробіонтів до наявних даних слід підходити з обережністю, оскільки при обробці стічних вод необхідно підтримувати в середовищі мінімальну концентрацію кисню 1 мг/л, а при культивуванні водних організмів концентрація кисню повинна бути не нижче 3 мг/л, а зазвичай вище.

Аерація дає хороші результати при попередженні евтрофікації невеликих водойм. У більшості випадків аераційні установки працюють за принципом подачі повітря в водойму (прокладка повітроподавальних перфорованих труб в придонному шарі) або розпилення води в атмосфері (фонтанування). З поліпшенням кисневого режиму посилюється мінералізація органіки, скорочується або припиняється її накопичення у водоймі [21]. При аерації водойми розподіл фітопланктону по глибині стає більш рівномірним, при цьому переважний розвиток отримують зелені водорості за рахунок зниження чисельності ціанобактерій [22].

Мінімальна інтенсивність освітлення, при якій можливий фотосинтез, дуже низька. При зростанні освітленості продуктивність водоростей швидко зростає. У зв'язку з цим взимку фотосинтез водоростей можна інтенсифікувати без великих енергетичних витрат. Для цього на водоймі слід утримувати ділянки льоду, вільні від снігу. Позитивний ефект обумовлений різницею відбивної здатності льоду (26-40%) і снігу (75-95%).

Аерація ставка взимку ще більш важлива, ніж влітку. Це, в першу чергу, пов'язано з тим, що невеликі водойми швидко вкриваються кригою. Для того щоб не допустити цей процес використовують заглибні аераційні системи. Повітря пробивається крізь товщу води і, за рахунок постійного утворення бульбашок, не дає утворюватися шару льоду.

Забезпечити повний захист від утворення кірки льоду практично неможливо, особливо коли водойма має великі розміри. Тому збагачення киснем просто необхідно рибному господарству.

В результаті застосування способу аерації технічний результат досягається в розробці високоефективного способу боротьби з «цвітінням» води синьо-зеленими водоростями, в тому числі які продукують токсини.

Способи аерації поділяються на три класи, в залежності від використовуваних в них процесів: гідромеханічні, хіміко-фізичні та біологічні.

В свою чергу гідромеханічні способи можна розділити на чотири підкласи: подача повітря у воду, подача води в повітря, перемішування і зміна їх параметрів. Найбільш поширене застосування знайшли подача повітря у воду та її перемішування.

Хімічні способи аерації, засновані на внесенні у воду хімічних реагентів, таких як перекис (пероксид) водню, перекис кальцію, марганцевокислий (перманганат) калій і марганцевокислий натрій, сірчаноокислий амоній та ін. не знайшли широкого застосування, також як і способи аерації, засновані на електролізі води.

Біологічні способи аерації засновані на регулюванні фотосинтезу водоростей, в основному фітопланктону. Інтенсифікації фотосинтезу можна домогтися, наприклад, регулюванням освітленості.

Хімічні методи. Хімічні методи характеризуються внесенням у водойму різних препаратів, що пригнічують первинне продукування. Цей спосіб дуже уразливий, так як препарати, що інгібують фотосинтез, в тій чи іншій мірі токсичні для безхребетних і риб та пригнічують первинне продукування.

Хімічні методи очищення досить ефективні. Однак використовувані в цьому процесі деякі пестициди, коагулянти, зокрема поліакриламід токсичні для риб і водних організмів, тому не можуть бути рекомендовані для боротьби з цвітінням води на рибогосподарських об'єктах.

Загальний аналіз сучасних методів та методів боротьби з евтрофікацією дозволив нам визначити їх основні переваги та недоліки (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Переваги і недоліки методів попередження та боротьби з евтрофікацією водойм

Метод попередження та боротьби з евтрофікацією	Переваги	Недоліки
Розведення евтрофікованих вод чистими	Швидке зменшення концентрації біогенів у воді	Тимчасовий засіб Неекономне використання водних ресурсів
Кавітація	Руйнування водоростей на клітинному рівні	Застосовувався поки що тільки в якості експерименту Невідомий вплив на гідробіонти
Аерація	Досить висока ефективність Не завдають шкоди гідробіонтам Зниження вуглекислого газу Збагачення киснем Ефективне застосування взимку	Обмеження рівня занурення пристроїв Деякі конструкція важко переносити Аератори, що під'єднані до вітряків, не працюють в безвітряну погоду
Хімічні способи аерації	Висока ефективність	Не знайшли широкого застосування Висока собівартість Забруднення хімічними елементами Деякі реагенти можуть бути токсичними для рибогосподарства
Біологічні способи аерації	Екологічне очищення	Часткове очищення, потрібно використання додаткового засобу
Хімічні методи	Висока ефективність	Висока собівартість Необхідне додаткове очищення від хімічних елементів Деякі реагенти не можуть бути використані в рибогосподарських об'єктах

Отже на даний час нами не знайдено єдиного способу чи засобу боротьби з процесами евтрофікації, що може повністю очистити водойму, але застосування їх в комплексі може бути ефективним.



### РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ ВЗДОВЖ ВОДОЙМИЩА

Для поставленої задачі - моделювання розподілу температури вздовж водоймища при перемішуванні, застосували метод скінченних елементів, що полягає у знаходженні розв'язків інтегральних та диференціальних рівнянь у частинних похідних. В роботі використано демонстраційну версію програми ANCIS.

Для моделювання зміни температури води у водоймі при перемішуванні взяли басейн для розведення риби з глибиною 5 м і об'ємом 375 л (рис. 3.1), де розташовані дві труби діаметром 8 см:

- 1) водозабірна труба для відводу безкисневої води;
- 2) водоскидна труба для виливання води у зону з більш високою температурою.

Розміщення труби відносно лівого краю моделі на відстані 10 м, між поверхнею водоймища та гранню труби відстань 0,5 м. Температура води, яка виходить з водоскидної труби становить  $10^{\circ}\text{C}$

Температурна стратифікація водного об'єкту приведена на рисунку 3.2.

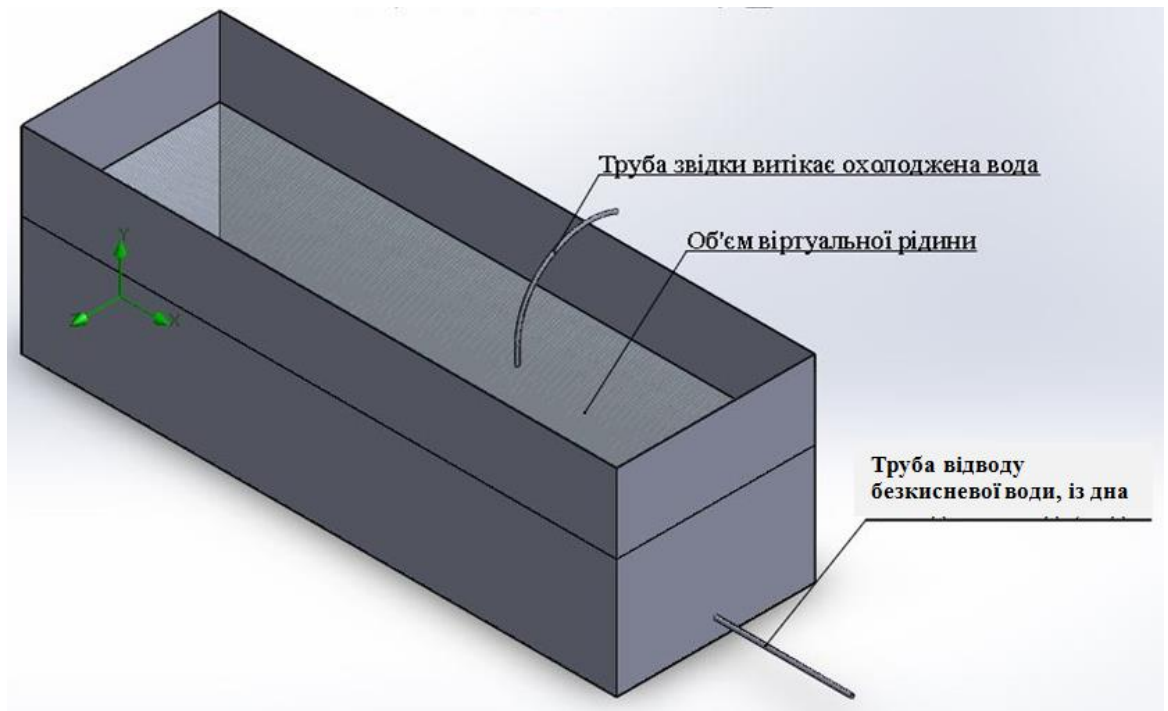


Рисунок 3.1 - Модель басейну для розведення риби

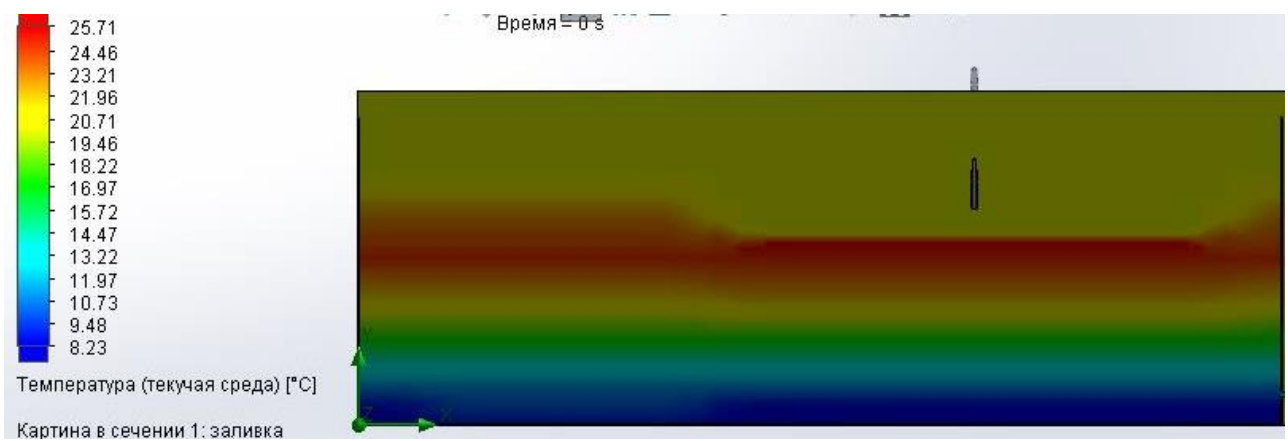


Рисунок 3.2 – Початковий стан температур водоймища

В результаті комп'ютерного моделювання було отримано основні параметри: середню температуру рідини, швидкість потоків, повний тиск (рис. 3.3).

Локальный параметр	Минимум	Максимум	Среднее	Среднерасходный	Объем [m <sup>3</sup> ]
Давление [Pa]	104635.98	134296.20	119575.65	119581.41	22.470000
Полное давление [Pa]	104638.69	134296.55	119579.24	119585.00	22.470000
Скорость [m/s]	0.002	1.528	0.068	0.068	22.470000
Массовая концентрация Air [ ]	0	2.3249e-05	5.4792e-08	5.4774e-08	22.470000
Массовая концентрация Water [ ]	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	22.470000
Объемная концентрация Air [ ]	0	0.0146	3.7477e-05	3.7464e-05	22.470000
Объемная концентрация Water [ ]	0.9854	1.0000	1.0000	1.0000	22.470000
Температура (текучая среда) [°C]	8.23	25.71	19.05	19.05	22.470000
Относительное давление [Pa]	3310.98	32971.20	18250.65	18256.41	22.470000

Рисунок 3.3 – Отримані параметри при моделюванні

Побудовано графік температури відносно довжини водоймища (рис. 3.4).

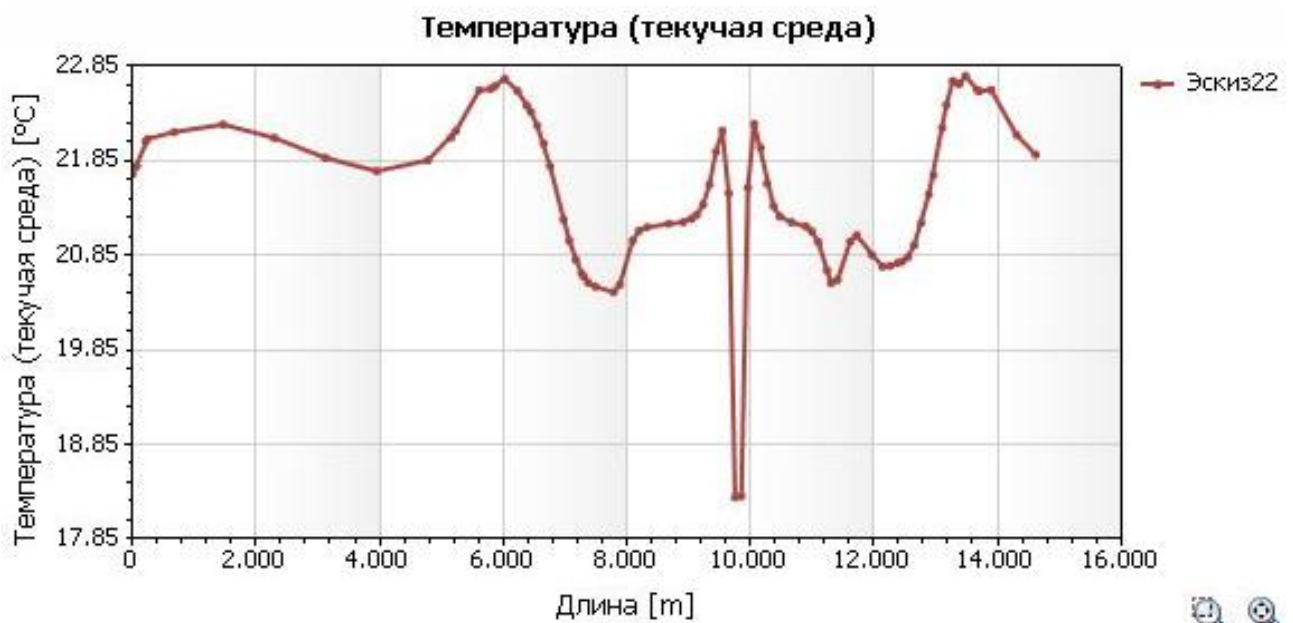


Рисунок 3.4 - Графік розподілу температури води вздовж водоймища

На графіку видно, що температура різко падає в тому місці де знаходиться пристрій для зменшення температури, а по всій іншій довжині водоймища середня температура залишається майже не змінною. Це наглядно показано на рис. 3.5 кінцевому стані температурної стратифікації.

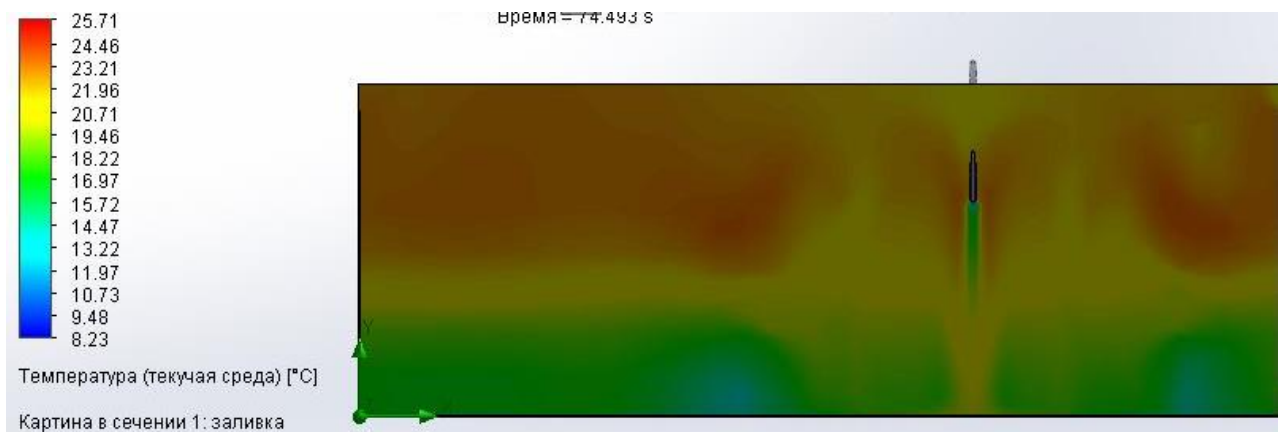


Рисунок 3.5 – Кінцевий стан температур

Отже згідно отриманих даних можна зробити висновок, що для повного підтримання температурного стану всього водоймища можна поставити декілька установок (труб) вздовж водоймища або в певному порядку.

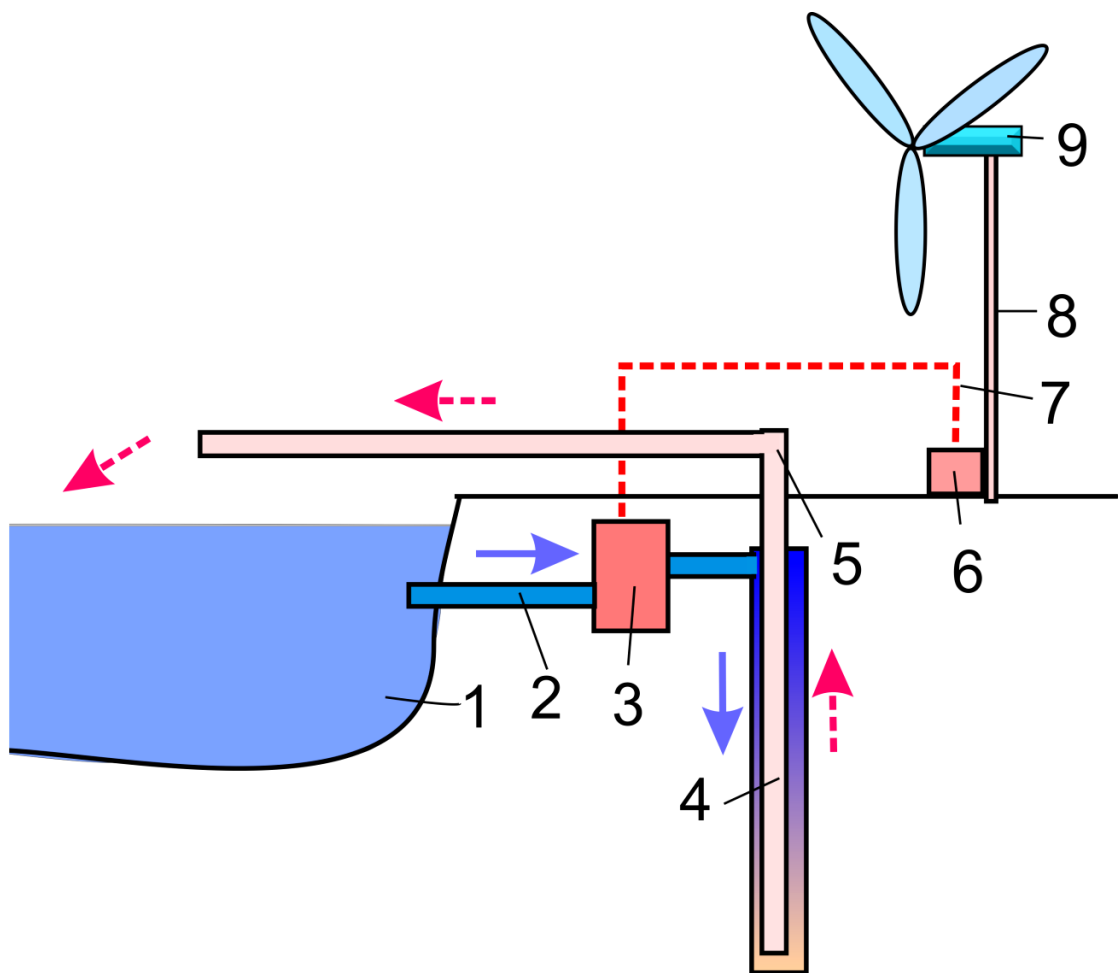
## РОЗДІЛ 4 ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМ

Виходячи з вищевикладеного, найперспективнішим буде використання установки аератора в сполученні з геотермальним теплообмінником. На сьогодні все більш використовується альтернативні види джерел енергії, що буде доцільно використати вітрову енергію в аераційній установці для попередження та боротьби з евтрофікаційними процесами у штучному рибництві, а геотермальну для температурної стабілізації води. Для роботи установки, що працює за рахунок вітрової енергії, не потрібна електрична енергія, а тому є можливість його використання на водоймах віддалених від електромереж.

Запропоновано удосконалити аератор, що буде працювати від альтернативної енергії - енергії вітру, та забезпечувати стабілізацію температури у водоймі в діапазоні  $+10...25^{\circ}\text{C}$ , що дасть змогу застосовувати у рибоводстві та очисних спорудах.

Водозабірну трубу поміщають нижче глибини промерзання води в холодну пору року, що в свою чергу забезпечує надходження рідини без перешкод пов'язаних із замерзанням. Помпа з електродвигуном, який підключено до вітрогенератору, що в свою чергу має механічний привід від вітроагрегату забезпечує керований потік води до теплообмінника. Вище максимального рівня води розташовується розбризкувач, за його допомогою відбувається скид води з труби, це дозволяє забезпечувати аерацію температурно-стабілізованої води (рис. 4.1)

Краплі, що вилітають з розбризкувача, інтенсивно перемішується з повітрям при цьому вода збагачується киснем, утворюючи водоповітряну суміш, що забезпечує аерацію водоймища, а поблизу скиду утворюється насичена необхідним для риб та інших аеробних гідробіонтів киснем струмінь води.



1 - водоймище; 2 – водозабірня труба; 3 – помпа; 4 – геотермальний теплообмінник; 5 – водоскидна труба з розбрискувачем; 6 – електрогенератор; 7 – електричний кабель; 8 – щогла; 9 - вітроагрегат

Рисунок 4.1 – Схема пристрою для стабілізації температури та аерації води у водоймі

Пристрій для стабілізації температури та аерації води у водоймі працює таким чином.

В холодну пору року відбувається забір води з водоймища 1 з під шару криги до труби 2 під дією створюваного помпою 3 розрядження. Холодна малопридатна для існування гідробіонтів вода поступає до геотермального теплообмінника 4, де відбирає тепло гірського масиву і нагрівається до +10....17°C. Після цього вона поступає до труби 5 за рахунок тиску помпи 3 електродвигун якої призводить до дії електрогенератор 6. Живлення електрогенератора 6

відбувається через електричний кабель 7 від розташованого на щоглі 8 вітрогенератора 9. Термостабілізована вода рухається по трубі 5, яка закінчується розприскувачем, і на виході дрібниться на кроплі. Вилетаючий з труби 5 факел кропель інтенсивно перемішується з повітрям при цьому вода збагачується киснем що забезпечує аерацію водоймища 1 поступаючої до нього водноповітряної суміші. Крім того, тепла вода розчиняє кригу і створює ополонку для додаткового збагачування води киснем.

В спекотну пору року також відбувається забір води з водоймища 1 до труби 2 під дією створюваного помпою 3 розрядження. Нагріта вище +25°C непридатна для існування гідробіонтів вода поступає до геотермального теплообмінника 4, де віддає тепло гірському масиву і охолоджується до +10...17°C. Тим самим вона становиться придатною до розчинення в ній кисню. Термостабілізована охолоджена вода рухається по трубі 5, яка закінчується розприскувачем, і на виході дрібниться на кроплі. Вилетаючий з труби 5 факел кропель інтенсивно перемішується з повітрям при цьому вода збагачується киснем що забезпечує аерацію водоймища 1 поступаючої до нього водноповітряної суміші. Забезпечення енергією електродвигуна помпи 3 також відбувається за допомогою кабелю 7 від електрогенератора 6 до обертання якого призводить розташований на щоглі 8 вітрогенератор 9. Таким чином, пристрій забезпечений дешевою екологічно чистою енергією.

Отже, цей пристрій дозволяє уникнути використання зовнішніх джерел енергії завдяки невичерпним - енергії вітру та геотермальної, а також дозволяє утворити область води насиченої киснем, де сповільнюються та зникають процеси евтрофікації для забезпечення оптимальних умов штучного рибництва.

## ВИСНОВКИ

У роботі обґрунтовано раціональні параметри води для рибництва, такі як залежність температури водойми та вміст кисню або його здатність розчинності при даній температурі та тиску. Для цього проаналізовано сучасний стан водойм України, розібрані причини та умови виникнення евтрофікаційних процесів та причини, що посилюють негативний вплив кліматичних факторів та спричиняють цвітіння водойми. Розглянуто існуючі на сьогодні засоби та способи попередження евтрофікації, виявлено їх недоліки та переваги.

- Основними джерелами надходження біогенних елементів у водойми є комунальні та промислові стічні води, а також сільськогосподарське виробництво. Для поліпшення стану водойм вкрай важливо скоротити навантаження по біогенним речовин, особливо по фосфору, оскільки найчастіше саме фосфор є біогенним елементом, який регулює продукцію фітопланктону у внутрішніх водоймах. Низька турбулентність сприяє збільшенню популяцій водоростей, особливо такого роду водоростей, як ціанобактерії, що є небезпечними для аквабіоти.

- Обґрунтована залежність вмісту кисню при даній температурі та тиску. Оптимальною температурою водойми при якій сповільнюється цвітіння водойми становить 25°C, а ступінь насичення киснем не менше 75%.

- На даний час нами не знайдено серед існуючих способів та засобів ефективного методу боротьби з процесами евтрофікації, а тому здійснили спробу знайти новий спосіб попередження «цвітіння» водойм задіяних у рибництві.

- Проведено моделювання методом скінчених елементів розподілу температури в басейні для штучного рибництва. Отримано результати, згідно з яких для того, щоб знизити температуру на поверхні необхідно застосовувати декілька установок (труб) вздовж водоймища або в певному порядку.

- Обґрунтовано конструкцію пристрою аератора, що дозволяє уникнути використання зовнішніх джерел енергії завдяки невичерпним - енергії вітру та геотермальної, а також дозволяє утворити область води насиченої киснем, де сповільнюються та зникають процеси евтрофікації при штучному рибництві.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авраменко Н. І. Евтрофікаційні процеси річки Ворскла / Н. І. Авраменко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2010. – №4. – С. 179–181.
2. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. – К.:Академія. – 2006. – С. 124-136.
3. Бородулин И.В., Милюткин В.А., Розенберг Г.С. Разработка технологий и технических средств для сбора и утилизации сине-зеленых водорослей // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25. № 4. С. 123-129.
4. Синельников О. Д. Забезпечення екологічної безпеки водосховищ шляхом використання мікрководоростей для виробництва енергоносіїв : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 21.06.01 – екологічна безпека / Олександр Дмитрович Синельников ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – 144с.
5. Matthews, M.W.; Odermatt, D. Improved algorithm for routine monitoring of cyanobacteria and eutrophication in inland and near-coastal waters. *Remote Sens. Environ.* 2015, 156, 374–382.
6. Stumpf, R.P.; Wynne, T.T.; Baker, D.B.; Fahnenstiel, G.L. Interannual Variability of Cyanobacterial Blooms in Lake Erie. *PLoS ONE* 2012, 7, e42444.
7. Beck, R.A.; Zhan, S.; Liu, H.; Tong, S.; Yang, B.; Xu, M.; Ye, Z.; Huang, Y.; Wu, Q.; Wang, S.; et al. Comparison of satellite reflectance algorithms for estimating chlorophyll-a in a temperate reservoir using coincident hyperspectral aircraft imagery and dense coincident surface observations. *Remote Sens. Environ.* 2016, 178, 15–30.
8. Simis, S.G.H.; Peters, S.W.M.; Gons, H.J. Remote sensing of the cyanobacteria pigment phycocyanin in turbid inland water. *Limnol. Oceanogr.* 2005, 50, 237–245.
9. Simis, S.G.H.; Ruiz-Verdu, A.; Dominguez, J.A.; Pena-Martinez, R.; Peters, S.W.M.; Gons, H.J. Influence of phytoplankton pigment composition on remote sensing of cyanobacterial biomass. *Remote Sens. Environ.* 2007, 106, 414–427.
10. Randolph, K.; Wilson, J.; Tedesco, L.; Li, L.; Lani Pascual, D.; Soyeux, E. Hyperspectral remote sensing of cyanobacteria in turbid productive water using

optically active pigments, chlorophyll a and phycocyanin. *Remote Sens. Environ.* 2008, 112, 4009–4019.

11. Pearson L., Mihali T., Moffitt M., Kellmann R., & Neilan B., 2010, On the Chemistry, Toxicology and Genetics of the Cyanobacterial Toxins, Microcystin, Nodularin, Saxitoxin and Cylindrospermopsin, *Mar. Drugs*, 8,1650 -1680.).

12. N. Grogga, T.N. Akedrin, K. Koffi, K.Thiegba, D.S. Akaffou & A. Ouattara, «Distribution spatio-saisonnière des cyanobactéries le long du cours d'eau, la Lobo, haut Sassandra (Daloa, Côte d'Ivoire)», *Tropicultura* [En ligne], Volume 35 (2017), Numéro 4, 288-299

13. Kite-Powell H, Fleming LE, Backer L, Faustman E, Hoagland P, Tsuchiya A, Younglove L: Linking the oceans to public health: What is the "human health" in OHH. *Environ Health* 2008, 7(Suppl 2):S6.

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

15. S. K. Moore et al., “Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health,” *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source*, vol. 7, no. SUPPL. 2, pp. 1–12, 2008.

16. H. W. Paerl, R. S. Fulton, P. H. Moisander, and J. Dyble, “Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria.,” *ScientificWorldJournal.*, vol. 1, pp. 76–113, 2001.

17. Козлов А.А. Довідник по акліматизації водних організмів / Козлов А.А., Кружалина Е.И., Лейс О.А., Орлов Ю.И. – М.: «Хар. пром-ть», 1977. – 175 с.

18. Лукьяненко В.І. Екологічні аспекти іхтіотоксикології. М.: ВО "Агропромиздат", 1987. - 240 с.

19. Драчов С.М. Борьба з забрудненням річок, озер, водосховищ промисловими і побутовими стоками. М.; Л.: Наука, 1964. 274 с.

20. Сайт «Врятуємо водойму»: Як очистити водойму. Встановлюємо донний аератор. Частина 1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/channel/UCSs1Kt3OEUOkRebfHTiUoyw>

21. Вдовін Ю.І ., Журба М.Г. Водозабірних-очисні споруди і пристрої. - М .: Астрель, 2003 - 156 с.

22. В.А. Акімов, ВС Гуенко, Ю.Н. Савченко. Технічні засоби аерації рибоводних ставків. М., 1990.

## АНОТАЦІЯ

студентської наукової роботи «Рибництво»

**Основні результати.** У науковій роботі розглянута проблема зростаючої швидкості розповсюдження евтрофікаційних процесів водойм, які використовують у рибництві, та наслідком цього процесу такого явища, як «цвітіння» водойми. На сьогодні ці процеси та закономірності є недостатньо вивченими та не існує єдиної установки, конструктивні параметри якої зможуть забезпечити температурний режим, що сприятиме розчиненню кисню у водоймі, створити суміш води і повітря для насичення киснем, як у літній, так і в зимовий період року. Були проаналізовані умови, які посилюють негативний вплив кліматичних факторів та опосередковують розширення ціанобактеріального цвітіння і пов'язані з людською діяльністю: надмірний вміст у добривах та надлишок у стічних водах елементів азот та фосфор, органічних речовин, залізо та макроелементи, провідність та солоність вод, турбулентність, зміна клімату, температура. Існуючі на сьогодні засоби та способи попередження евтрофікації. Недоліки та переваги профілактичних та регулюючих заходів з попередження евтрофікації. Розроблено прилад з аерації та стабілізації температури.

**Структура роботи:** робота складається з 28 сторінок (основний текст - 21 стор.), містить вступ, літературний огляд відомих рішень із поставленої проблеми зростаючої швидкості розповсюдження евтрофікаційних процесів водойм, які використовують у рибництві, розділи, що описують процеси евтрофікації у прісних водоймах, причини виникнення та вплив на аквабіоту, способи та засоби боротьби з процесом евтрофікації водойм, моделювання розподілу температури води вздовж водоймища, пристрій для попередження, регулювання процесів евтрофікації водойм, список використаних джерел (22 найменування). Роботу ілюстровано 4 табл. та 9 рис.

**Апробація та впровадження:** результати роботи викладено в 1 публікації та мають впровадження в навчальний процес підготовки бакалаврів ДВНЗ «Донецький національний технічний університет».

**Ключові слова:** евтрофікація, цвітіння водойми, водорості, ціанобактерії, кондиціювання води, аерація