

Корисна модель належить до області біології, гідробіології, біохімії, біохімії гідробіонтів, екології, екологічної токсикології і може бути використана для наукових і екотоксикологічних досліджень, процесів для покращення стану водних об'єктів.

В опублікованих джерелах науково-технічної та патентної літератури заявником не знайдено документа, в якому наведено спосіб оптимізації екологічного стану води у водосховищах, аналогічний запропонованому способу, тому заявник вважає, що даний спосіб не має аналогів, відомих з рівня техніки на дату подання заявки.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу оптимізації екологічного стану води у водосховищі за допомогою консорції зелених мікроводоростей.

Поставлена задача вирішується у способі оптимізації екологічного стану води у водосховищах, за яким використовують консорцію зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* у співвідношенні 1:1, яку вносять у кількості 30 літрів на 1 га водосховища.

Підвищення евтрофікації пов'язане із збагаченням водойм біогенними елементами, такими як азот і фосфор, що призводить до "цвітіння" водойм внаслідок масового розвитку ціанобактерій (синьо-зелених водоростей) ("цвітіння") та надмірного накопичення органічних речовин. Цвітіння - не стихійне явище, воно утворюється протягом досить тривалого часу, іноді двох і більше вегетаційних періодів.

Комбіноване застосування *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* для водойм є ефективним методом очищення води, оскільки вони конкурують із синьо-зеленими водоростями за поживні речовини та насичують воду киснем. Ця комбінація сприяє стабілізації екосистеми, покращує кормову базу для зоопланктону та, відповідно, для риби, роблячи воду чистішою та насиченою киснем.

Водосховище "Тернопільський став" (взято для прикладу і зручності проведення досліджень) - зарегульований водотік р. Серет - лівої притоки р. Дністер. Тип ставу - русловий. Створений штучно. Тернопільський став завдяки оптимальним умовам і тривалому існуванню набув властивостей, характерних для природних водойм, інтегрувавшись у навколишній екосистему.

Приклад

Заселення *Chlorella vulgaris* і *Scenedesmus acutus* до Тернопільського ставу за останні 2 роки здійснено у травні, серпні та червні (2023-2024 рр.). З настанням теплої сонячної погоди і підвищенням температури повітря і води у Тернополі реалізують програму з відновлення екосистеми ставу та інших водойм міста. У 2023 році з метою покращення екологічної ситуації та екобіотехнологічного очищення водосховища "Тернопільський став" за допомогою одноклітинних водоростей та вищих водних рослин управлінням житлово-комунального господарства, благоустрою та екології, КП "Об'єднання парків культури і відпочинку м. Тернополя" було внесено 192 кг консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus*, що на сьогодні є одним із найсучасніших та найдієвіших способів біологічного очищення води. [Основні заходи щодо виконання Програми економічного та соціального розвитку Тернопільської міської територіальної громади на 2022-2024 роки станом на 01.01.2024 https://ternopilcity.gov.ua/app10/zahodi-za--2023-rik-28_02_24.docx] Вносили консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* у Тернопільський став вздовж берегової лінії від вул. Чумацької до пляжу Циганка та навколо острівця Чайка. Цю процедуру було повторно проведено 17 серпня 2023 року. Для очищення ставу, пригнічення розвитку синьо-зелених водоростей і збагачення води киснем найбільшої міської водойму була внесена консорція зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* у кількості 10 тонн на таких локаціях як: вздовж берегової лінії від пляжу Циганка до Церкви Воздвиження Чесного Хреста, точково поблизу готелю "Галичина" та у малу водойму навколо острівця "Чайка". Консорція зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* знижує концентрацію загального заліза, хрому, фенолів та нафтопродуктів й підвищує кормову базу для риби, успішно бореться із процесом "цвітіння води", поглинає кормову базу ціанобактерій, пригнічує їх розмноження у теплий літній період, запобігає замору риби, споживає вуглекислий газ, виділяючи молекулярний кисень. Консорція зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* не осідає на дно, завдяки чому відбувається процес фотосинтезу та активного насичення води киснем до 14 мг/дм³. Консорцію зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* для проведення біологічної чистки безкоштовно надало ТОВ "Хлорела Україна".

З червня 2024 року 200 кг консорцію зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* знову внесли уздовж Набережної ставу, на ділянці від Церкви Воздвиження Чесного Хреста (Надставна церква) і до відпочинкової зони Циганка.

Упродовж весняно-осіннього періоду вегетації 2023-2024 років нами було досліджено динаміку змін кількості консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* у природному середовищі. Пробу відбирали з глибини 0,3-1 м. Одночасно з відбором води на визначення вмісту фітопланктону відбиралися фізико-хімічні проби для визначення кислотності, температури та інших фізико-хімічних показників води. Об'єм інтегрованої проби приблизно 0,75 дм³. Підрахунок кількості клітин проводили за допомогою лічильної камери Горяєва під мікроскопом при збільшенні у 40 разів. Аналіз гістограми на основі середньої кількості клітин мікроводоростей в 1 мл води свідчить про нестабільність показників протягом досліджуваного періоду в силу постійних

впливів сезонності, втручання людини та інших біологічних факторів.

Переваги внесення консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus*:

- розмножуючись, виділяють у воду природні антагоністи, які пригнічують ріст синьо-зелених водоростей, перешкоджаючи "цвітінню" води, і як наслідок, заморам риби і неприємного запаху води;

- насичують воду киснем, поглинаючи вуглекислий газ, який вони переробляють і виділяють кисень. Як наслідок вода стає більш насиченою киснем, рибі легше дихати, а також легше переносити підлідну зимівлю і літні надмірні підвищення температури води;

- консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* є кормом для риби, а також створюють сприятливе середовище для розвитку кормових водних організмів, зоо- та фіто-планктону (дафнії, рачки, коловертки), які, у свою чергу, поїдаються рибою, а також є відмінним стартовим кормом для малька;

- консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* - це комплекс з 650 речовин: незамінні амінокислоти, жири, вітаміни, мікро- та макроелементи в легкозасвоюваному вигляді. Цей фактор підвищує імунітет риби, зводить до мінімуму захворюваність і відхід молодняку;

- потрапляючи в організм риби, консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* виступають в ролі живильного середовища для розвитку біфідобактерій, в результаті чого всі корми засвоюються набагато краще і швидше, викликаючи прирости від 10 до 30 %.

При регулярному внесенні консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* в рибоводні ставки покращується гідрохімічний, особливо кисневий режим водойм, що збільшує продуктивність рибних ставів у полікультурі (товстолобик, білий амур, короп) на 20-30 %.

Чисельне моделювання показало, що підвищення температури води не супроводжувалося значними відмінностями у концентрації амонію NH_4^+ . Зокрема ми спостерігали синхронні зміни показників у липні-серпні 2023 року та квітні-травні 2024 року.

Таблиця

Сезонна динаміка кількості клітин консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* і фізико-хімічних параметрів води Тернопільського ставу

Дата відбору проб води	Номер візця проби	pH	NH_4^+ , мг/л	NO_3^- , мг/л	мкг/мл або мг/л, P_2O_5	Середня кількість клітин консорції зелених мікроводоростей <i>Chlorella vulgaris</i> та <i>Scenedesmus acutus</i> в 1 мл води її ставу	Температура води, °C
2023 рік							
01.07.23	1	8,66	5,614	5,03	2,603	493 000	23
15.07.23	2	8,255	4,480	2,29	10,003	336 800	23
01.08.23	3	8,173	1,855	1,06	13,704	621 400	22
15.08.23	4	8,285	2,960	1,97	6,303	2 116 600	25
01.09.23	5	8,314	2,820	1,73	2,603	639 000	24
15.09.23	6	8,245	3,625	2,46	17,404	1 421 600	21,5
1.10.23	7	8,24	3,486	1,76	2,603	943 400	18
15.10.23	8	8,245	2,531	1,15	0,678	582 200	14
01.11.23	9	7,932	2,240	2,84	0,678	1 291 400	13
15.11.23	10	7,961	2,560	1,11	0,678	1 842 600	9
2024 рік							
01.03.24	12	7,112	4,616	11,08	0,678	1 522 400	6
15.03.24	13	7,992	3,929	4,98	0,678	1 022 600	7
01.04.24	14	8,193	3,893	3,16	0,678	1 345 800	9
15.04.24	15	8,273	3,796	3,64	2,603	2 070 400	16
01.05.24	16	8,332	4,563	3,53	2,603	2 135 200	16,5
15.05.24	17	8,096	3,641	1,85	0,678	276 000	18
01.06.24	18	8,274	4,659	2,70	2,603	96 000	21
15.06.24	19	8,452	4,210	2,75	0,678	2 296 600	23
01.07.24	20	8,344	4,348	2,80	0,678	1 814 000	26
15.07.24	21	8,355	4,020	2,93	2,603	1 422 000	30

01.08.24	22	8,36	5,423	2,52	0,678	1 236 200	23
15.08.24	23	8,349	4,152	2,65	2,603	1 046 600	23
01.09.24	24	8,403	3,893	5,33	0,678	997 600	25

На основі аналізу даних результатів моніторингу власних досліджень з точки забору пристань біля готелю "Галичина" (р. Серет, 180 км, м. Тернопіль, Тернопільське водосховище, питний в/з) з 01.07.2023 р. до 01.12.2023 р. та з 01.03 по 01.09.2024 р., ми бачимо значні сезонні коливання фізико-хімічних параметрів водного середовища.

Різниця між максимальним і мінімальним значеннями концентрації іонів амонію за період спостереження у 2023 році становила 3,759 мг/л, тобто показники відрізнялися у 3,0 рази, а за 2024 рік різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,782 мг/л (таблиця).

Протягом літньо-осіннього 2023 року та весняно-літнього 2024 року на початку та у середині кожного з цих місяців нами було досліджено динаміку змін кількості клітин консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* у природньому середовищі.

За результатами досліджень здійснене моделювання, яке показало, що на тлі стабільного показника кислотності води (pH) зміни вмісту іонів амонію та фосфатів були співмірними у жовтні-листопаді 2023 року та у травні-червні 2024 року. У липні 2024 року потенціали вмісту вимірюваних іонів різко відрізнялися. На нашу думку зниження вмісту іонів у воді ставу в середині червня пояснюється активним перетворенням в органічні сполуки нерозчинних фосфатів консорцією зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus*, яка була внесена 3 червня 2024 року до Тернопільського ставу у кількості 180 кілограмів (2024, Регіональний офіс водних ресурсів у Тернопільській області).

Моделювання показало, що на тлі стабільного показника кислотності води (pH) зміни вмісту іонів амонію та фосфатів були суттєвими.

Сезонне підвищення температури води у літні місяці супроводжувалося незначними змінами вмісту амонійного азоту, а от показники концентрації іонів PO_4^{3-} кожних 2 тижні характеризувалися параболічними змінами, що пояснюється антропогенним впливом. Зокрема ми спостерігали синхронні зміни показників у жовтні-листопаді 2023 року та у травні-червні 2024 року. У липні 2024 року потенціали вмісту вимірюваних іонів різко відрізнялися. На нашу думку зниження вмісту іонів у воді ставу в середині червня пояснюється активним перетворенням в органічні сполуки нерозчинних фосфатів консорцією зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus*.

Як бачимо з даних таблиці, середня кількість клітин консорції зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* та *Scenedesmus acutus* в 1 мл води не була стабільною протягом досліджуваного періоду в силу постійних впливів сезонності, втручання людини та інших біологічних факторів. Зокрема літні місяці характеризувалися вищою чисельністю клітин та біомасою порівняно з прохолоднішими осінніми, особливо з примінусовими температурами грудня.