

**Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, Кононцев С. В., д.т.н., професор, Гроховська Ю. Р., д.с.-г.н., професор, Прищеп А. М., д.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, m.o.klimenko@nuwm.edu.ua, s.v.konontsev@nuwm.edu.ua, y.r.grokhovska@nuwm.edu.ua, a.m.pryshchepa@nuwm.edu.ua)

### **ПОТЕНЦІАЛ ДЕФІЦИТУ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН ЗА УМОВ РОЗВИТКУ НИТЧАСТИХ ВОДОРОСТЕЙ В АКВАПОНІЦІ**

У статті розглядається проблема розвитку нитчастих водоростей у системах аквапоніки, їхній вплив на хімічний склад води та можливі заходи боротьби. Аквапоніка, що поєднує аквакультуру та гідропоніку, є перспективною технологією для відновлення сільськогосподарського виробництва в Україні в умовах обмежених земельних ресурсів. Основною метою дослідження є встановлення умов розвитку нитчастих водоростей, зокрема спірогіри, та оцінка їхнього негативного впливу на вирощування листового салату та кларієвого сома.

Методологія дослідження включала контроль за елементами хімічного складу води, аналіз лабораторних даних та системний аналіз факторів, що сприяють появі водоростей. Було встановлено, що основними причинами надмірного розповсюдження нитчастих водоростей є дисбаланс макроелементів (азоту, фосфору, калію), підвищений рівень аміаку у воді, а також неконтрольоване освітлення та температура. У темній фазі фотосинтезу нитчасті водорості споживають кисень, що може спричинити гіпоксію у риб. Крім того, біообростання елементів аквапонічних систем водоростями зменшує ефективність роботи фільтрів, обмежує потік води та створює додаткові технічні складнощі.

Результати досліджень показали, що високі концентрації нітратів і фосфатів сприяють зростанню нитчастих водоростей, які активно асимілюють ці елементи, створюючи дефіцит для рослин. Зокрема, за умов інтенсивного розвитку водоростей у системі може спостерігатися вилучення до 50% нітратного азоту та 70% фосфору, що негативно впливає на врожайність салату та інших культур.

**Запропоновано комплекс заходів щодо боротьби з нитчастими водоростями, включаючи контроль освітлення, регулювання швидкості циркуляції води, підтримку оптимального балансу поживних речовин, моніторинг температури та рН води. Отримані результати сприятимуть підвищенню ефективності аквапонічних систем та забезпеченню сталого виробництва продукції в умовах контрольованого середовища.**

**Ключові слова:** аквапоніка; нитчасті водорості; салат листовий; елементи живлення; сом кларієвий; поживні речовини.

**Постановка проблеми.** Аквапоніка – це високотехнологічний ведення сільськогосподарського виробництва, що поєднує аквакультуру (вирощування риб) та гідропоніку (вирощування рослин). Це революційне майбутнє розвитку аквапонічних господарств, які гібридно поєднують отримання харчових продуктів в одній системі [1].

Це актуально для нашої країни у після воєнний час, коли значна частина сільськогосподарських угідь виведення з можливого використання.

Аквапонічні господарства можливо розвивати в усіх райцентрах України при умовах енергетичного та централізованого водного забезпечення.

**Мета дослідження:** встановити умови розвитку нитчастих водоростей та їхній негативний вплив на хімічний склад води у якій вирощується листовий салат та сом кларієвий, щоб забезпечити сталий розвиток аквапонного господарства.

Для цього автори визначили причини появи нитчастих водоростей, їхній вплив на зміни хімічного складу середовища вирощування продукції. Важливо знати величини виносу елементів живлення нитчастими водоростями в системі аквапоніки залежно від швидкості циркуляції водного середовища.

Для цього автори визначили методи боротьби із нитчастими водоростями та встановили потенціал живлення зелених культур.

Об'єкт дослідження. Процеси, що протікають у аквапонічній системі салату листового та сома кларієвого.

Предмет дослідження. Показники лабораторних досліджень аквапонічної системи.

**Методи дослідження.** При проведенні аквапонічних досліджень використовувались методи контролю за елементами складників процесу взаємозв'язку, методи аналізу отриманих лабораторних даних, порівнянь та системного аналізу.

**Результати досліджень.** За сприятливих промислових умов розширення виробництва аквапонічної продукції виникають проблеми з появою синьо-зелених водоростей, відомих під загальною назвою «нитчатки» [7].

Це одні з найдавніших організмів, що населяють нашу планету. Від них виникли наземні рослини. Збагативши атмосферу киснем, вони зумовили існування різноманітного світу тварин і сприяли розвитку аеробних бактерій. Завдяки їхній діяльності в атмосфері з'явився Землю від радіаційного випромінювання. Органічні речовини, які створюють водорості в процесі фотосинтезу, стають їжею для бактерій і тварин, зокрема риб.

Однією з найпоширеніших зелених нитчастих водоростей є спірогіра, що заводиться у прісноводних басейнах [8]. Її довгі нитки утворюють сплетення (баговиння) яскраво-зеленого кольору до субстрату вони не прикріплюються і вільно плавають у воді.

Нитки спірогіри завдовжки від кількох міліметрів до 8–10 см не галузяться і складаються з одного ряду однакових видовжених циліндричних клітин. Кожна клітина має оболонку, яка зовні вкрита слизовим чохлам. Внутрішній шар оболонки складається з целюлози, зовнішній – з пектинових речовин.

Спірогіра розмножується вегетативним та статевим шляхами.

Найчастіше зелені нитчасті водорості вражають саме установки замкнутого водоспоживання, де порушений режим внесення мікро- та макроелементів. Поява нитчатки – сигнал до перегляду внесених доз. Внести водорості в гідроустановку можна з новими рослинами і, якщо умови для їхнього розвитку комфортні, тоді отримаємо водоростевий спалах.

Виникнення нитчатки можливе при порушенні балансу макроелементів, особливо це стосується азоту, калію і фосфору. У разі їх нестачі зупиняється ріст рослин, що призводить і до загибелі. Особливо важливо підтримувати оптимальне співвідношення азоту і фосфору, їх співвідношення має складати 12:1 [2]. Надлишок, так само як і брак макроелементів чи їх неправильна пропорція – прямий шлях до появи водоростей. Поява нитчатки також можлива

при підвищенні рівня аміаку в УЗВ. Таке явище може спостерігатись у результаті неправильного запуску УЗВ, регулярного перегодовування риб, перенаселення, а також через проблеми у роботі обладнання. Але аміак не тільки може спровокувати водоростевий спалах, він вкрай токсичний для риб. Вчасно дізнатись про надлишок аміаку дозволяють регулярні тести води [9].

Під час світлової фази фотосинтезу нитчасті водорості інтенсивно продукують молекулярний кисень ( $O_2$ ), що призводить до підвищення концентрації розчиненого кисню у воді. Однак у темновій фазі, коли фотосинтез припиняється, водорості та інші аеробні організми споживають  $O_2$  для дихання, що може спричинити зниження рівня DO. Такі добові коливання концентрації розчиненого кисню можуть створювати стресові умови для гідробіонтів, зокрема риб, і в екстремальних випадках призводити до гіпоксії [6].

Надмірний розвиток нитчастих водоростей може призвести до біообростання на поверхнях аквапонічних систем, включаючи стінки резервуарів, трубопроводи та фільтрувальні елементи. Це біообростання зменшує ефективний діаметр труб, обмежує потік води та підвищує гідравлічний опір системи. Крім того, накопичення біомаси водоростей на фільтрах знижує їхню ефективність та вимагає частішого обслуговування.

Нитчасті водорості активно асимілюють розчинені у воді макроелементи, зокрема нітрати ( $NO_3^-$ ) та фосфати ( $PO_4^{3-}$ ), які є критично важливими для росту культивованих рослин в аквапонічних системах. Надмірне споживання цих елементів водоростями може призвести до їх дефіциту для рослин, що проявляється у вигляді уповільнення росту, хлорозу листя та зниження врожайності [11].

Процеси фотосинтезу та дихання водоростей впливають на концентрацію розчиненого вуглекислого газу ( $CO_2$ ) у воді. Під час фотосинтезу водорості споживають  $CO_2$ , що може призводити до підвищення рН води (алкалізація). У темновій фазі, коли дихання переважає,  $CO_2$  накопичується, що може знижувати рН (ацидифікація). Такі добові коливання рН створюють нестабільні умови для гідробіонтів та впливають на їхній метаболізм.

Деякі види нитчастих водоростей здатні продукувати вторинні метаболіти, такі як фенольні сполуки або алкалоїди, які можуть мати алелопатичний вплив на інші водні організми. Ці речовини можуть

інгібувати ріст інших водоростей, мікроорганізмів або навіть вищих рослин, що призводить до змін у структурі біоценозу аквапонічної системи [10].

Швидкість циркуляції води визначає час контакту води з водоростями, що впливає на ефективність їхнього поглинання поживних речовин. Як зазначають у статті Goddek [2], збільшення швидкості циркуляції води знижує ефективність поглинання поживних елементів водоростями. Це зумовлено тим, що при більш швидкому потоці води час контакту з водоростями скорочується. Зокрема, в аквапонічних системах з швидкістю циркуляції 1–2 м/с ефективність поглинання нітратів може зменшуватися на 20–30%.

Інтенсивність і тривалість освітлення впливають на фотосинтетичну активність водоростей. Надмірне освітлення може стимулювати ріст водоростей, збільшуючи їх здатність до поглинання поживних речовин. Однак, недостатнє освітлення може обмежити їхній ріст і, відповідно, здатність до вилучення елементів живлення. Також температура води впливає на метаболічні процеси водоростей. Оптимальна температура сприяє їхньому росту та підвищеній здатності до поглинання поживних речовин. Занадто висока або низька температура може знижувати ефективність цих процесів. При оптимальних умовах (температура води 22–24° С й інтенсивність освітлення 100–150 мкмоль м<sup>2</sup>·с) водорості можуть поглинати значні обсяги елементів живлення, зокрема нітратів і фосфатів. Як вказано в дослідженні Blidariu та Grozea [4], при цих умовах водорості здатні асимілювати до 5 мг/дм<sup>3</sup> нітратів і 2 мг/дм<sup>3</sup> фосфатів на день.

Високі концентрації нітратів і фосфатів у воді можуть стимулювати ріст водоростей, збільшуючи їх здатність до вилучення цих елементів. Загалом, поглинання водоростями значних обсягів нітратів і фосфатів може призвести до дефіциту цих елементів для рослин, особливо в аквапонічних системах з тривалістю вегетації 30 діб. Наприклад, якщо водорості поглинають 2–3 мг/л нітратів на день, то для аквапонічної системи з об'ємом води 1000 л це може становити до 3 г/день. Якщо цей процес продовжується протягом 30 діб, водорості можуть забрати до 90 г нітратів, що може суттєво зменшити доступність цих елементів для рослин, особливо в умовах обмеженого постачання. Подібним чином, водорості можуть забирати

до 60 г фосфатів за 30 діб, що може значно вплинути на доступність цього елемента для рослин [3].

Дослідження показують, що нитчасті водорості можуть вилучати значні кількості азоту та фосфору з води (рисунок). Зокрема, вони здатні видаляти до 12–18 г амонійного азоту ( $\text{NH}_4^+$ ) на квадратний метр за добу за умови оптимальних параметрів освітлення та біомаси у фітореакторі. Це свідчить про їх високу ефективність у зниженні концентрації цих елементів у воді [2].

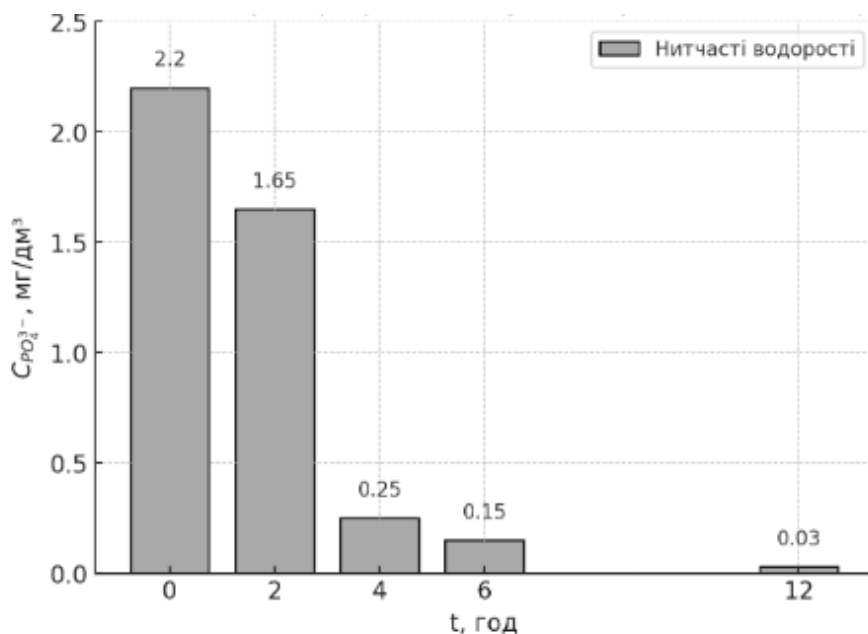


Рисунок. Залежність концентрації фосфатів від часу контакту з нитчастими водоростями

Графік відображає динаміку зниження концентрації фосфатів ( $\text{C}, \text{PO}_4^{3-}$ , мг/дм<sup>3</sup>) у воді під впливом нитчастих водоростей протягом 12 годин [14]. Початкова концентрація (2,2 мг/дм<sup>3</sup>) знижується на 25% вже через 2 години (1,65 мг/дм<sup>3</sup>), що вказує на активну асиміляцію фосфатів. На 4-й годині їх вміст падає до 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, а через 6 годин – до 0,15 мг/дм<sup>3</sup>. До 12-ї години концентрація стабілізується на рівні 0,03 мг/дм<sup>3</sup>, що свідчить про майже повне поглинання фосфатів.

Такий процес обумовлений високою біологічною активністю нитчастих водоростей, які використовують фосфор для синтезу

нуклеїнових кислот, АТФ та фосфоліпідів, необхідних для росту та фотосинтезу. Швидке зниження концентрації фосфатів може призвести до лімітації росту водоростей, що важливо враховувати в умовах замкнутих аквакультурних систем.

Зменшення концентрації доступних форм азоту та фосфору внаслідок активної асиміляції нитчастими водоростями може призвести до дефіциту цих елементів для зеленних культур, таких як салат або шпинат, які мають короткий вегетаційний період (близько 30 діб). Недостатнє забезпечення азотом може спричинити уповільнення росту, хлороз листя та зниження врожайності. Дефіцит фосфору, у свою чергу, може призвести до слабкого розвитку кореневої системи та затримки у дозріванні рослин.

Також, рівень рН впливає на доступність поживних речовин для водоростей. Оптимальний рН сприяє ефективному поглинанню елементів живлення, тоді як відхилення від оптимального діапазону може обмежити цей процес.

Конкуренція з іншими мікроорганізмами та рослинами може впливати на здатність водоростей до поглинання поживних речовин. Присутність інших організмів може зменшити доступність ресурсів для водоростей, обмежуючи їхній ріст і здатність до вилучення елементів живлення.

Нитчасті водорості, що розвиваються в аквапонічних системах, здатні поглинати значні кількості азоту та фосфору з води. Це може суттєво зменшити доступність цих елементів для рослин. Листовий салат і шпинат мають високі потреби в азоті та фосфорі для досягнення оптимальних результатів росту. У випадку салату, оптимальні рівні нітратного азоту повинні знаходитися в межах 150–200 мг/дм<sup>3</sup>. Для шпинату цей рівень варіюється в межах 150–250 мг/ дм<sup>3</sup>, що забезпечує здоровий ріст і продуктивність рослин. Що стосується фосфору, салат вимагає концентрації від 30 до 50 мг/ дм<sup>3</sup>, а шпинат – від 40 до 60 мг/ дм<sup>3</sup>. Ці елементи сприяють належному розвитку кореневої системи, наростанню листя та загальному метаболізму рослин [5].

За даними досліджень, нитчасті водорості можуть поглинати до 50% нітратного азоту і до 70% фосфору, що в свою чергу впливає на кількість доступних елементів для рослин. Наприклад, в аквапонічних системах з об'ємом води 1000 л, водорості можуть забирати до 100 г нітратного азоту на добу. Це є суттєвим

показником, оскільки потреби салату у нітратах складають 150 г на добу, що створює дефіцит у 50 г на добу. Якщо цей процес триває кілька днів чи тижнів, це може призвести до значного зниження доступних поживних речовин.

Для фосфору ситуація аналогічна. Нитчасті водорості здатні поглинати до 35 мг/дм<sup>3</sup> фосфору на добу, що при об'ємі води в 1000 л становить до 35 г фосфору. За умови, що шпинат потребує близько 40–60 мг/дм<sup>3</sup> цього елемента, забір водоростями до 35 г на день може стати суттєвим обмеженням для рослин.

Для уникнення таких дефіцитів важливо контролювати рівень нитчастих водоростей у системі аквапоніки [2–5]. Це можна досягти за допомогою:

- *регулювання швидкості циркуляції води*: підтримка оптимальної швидкості потоку забезпечує ефективний контакт води з водоростями, сприяючи їхньому росту та поглинанню поживних речовин;
- *регулювання інтенсивності освітлення*: обмеження тривалості та інтенсивності освітлення знижує фотосинтетичну активність водоростей та обмежує їхній ріст;
- *контроль концентрації поживних речовин*: підтримання оптимального балансу макроелементів у воді, зокрема нітратів та фосфатів, запобігає надмірному розвитку водоростей;
- *моніторинг температури води*: підтримка оптимальної температури сприяє ефективному метаболізму водоростей;
- *підтримка оптимального рН*: регулювання рівня рН забезпечує доступність поживних речовин для водоростей;
- *управління біоценозом*: контроль за наявністю інших організмів допомагає зменшити конкуренцію за ресурси, забезпечуючи ефективне вилучення поживних речовин водоростями;
- *додаткове внесення добрив*: у разі виявлення дефіциту поживних речовин, доцільно розглянути можливість додаткового внесення спеціалізованих добрив для забезпечення потреб рослин.

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що розвиток нитчастих водоростей у системах аквапоніки є одним із ключових чинників, що впливає на хімічний склад водного середовища та ефективність вирощування як гідробіонтів, так і рослин.



1. Надмірний розвиток нитчастих водоростей у системах аквапоніки спричиняє дефіцит макроелементів, зокрема вилучення до 50% нітратного азоту та 70% фосфору, що знижує врожайність листового салату та продуктивність кларієвого сома.
2. Основними причинами інтенсивного росту водоростей є дисбаланс макроелементів, зокрема неправильне співвідношення азоту і фосфору (норма 12:1), підвищений рівень аміаку (що може досягати токсичних концентрацій) та надмірне освітлення.
3. Водорості створюють технічні проблеми, зменшуючи ефективний діаметр труб, що обмежує потік води, а також призводять до добових коливань кисню, що може спричинити гіпоксію риб у темній фазі фотосинтезу.
4. Для контролю розвитку водоростей необхідно регулювати швидкість циркуляції води (оптимальна – 1–2 м/с), підтримувати збалансовані рівні нітратів (150–200 мг/ дм<sup>3</sup>) і фосфатів (30–50 мг/ дм<sup>3</sup>), а також обмежувати інтенсивність освітлення до 100–150 мкмоль м<sup>2</sup>·с.

Отримані результати свідчать про необхідність комплексного підходу до управління аквапонічними системами з урахуванням балансу макроелементів, освітлення та циркуляції води. Впровадження запропонованих заходів сприятиме підвищенню ефективності виробництва та зниженню ризиків, пов'язаних із розвитком небажаної водоростевої біомаси.

**1.** Kumar R., & Goh K. Algae in Aquaponics: A Boon or Bane. *Aquaculture Reports*, 2019. P. 15. **2.** Goddek S., Delaide B., Mankasingh U., Ragnarsdottir K. V., Jijakli M. H., & Thorarinsdottir R. Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability*. 2015. Vol. 7(4). P. 4199–4224. **3.** Schmutz Z., Loeu F., Liebisch F., Graber A., & Mathis A. Nutrient Fluxes in Aquaponics Systems and the Role of Algal Blooms. *Water*. 2020. Vol. 12(3). P. 765. **4.** Blidariu F., & Grozea A. Increasing the Economical Efficiency and Sustainability of Indoor Fish Farming by Using Aquaponics – Review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2011. Vol. 44(2). P. 1–8. **5.** Tyson R. V., Simonne E. H., White J. M., & Lamb E. M. Reconciling Water Quality Parameters Impacted by Algae in a Recirculating Aquaponic System. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2004. Vol. 35(1). P. 78–84. **6.** Sallenave R. Managing Filamentous Algae in Ponds. New Mexico State University Cooperative Extension Service, Guide W-103. 2014. **7.** Глазер К., Бауманн К.,

Ляйнвебер П., Михайлюк Т., Карстен У. Різноманітність водоростей у біологічних ґрунтових кірках у лісах під різною інтенсивністю управління та деякі наслідки для циклу фосфору. *Біогеонауки*. 2018. Т. 15. С. 4181–4192. **8.** Михайлюк Т. І., Демченко Е. М., Глазер К., Карстен У. Нові та рідкісні для України види водоростей з біологічних ґрунтових кірок. *Український ботанічний журнал*. 2019. Т. 76. № 2. С. 123–135. **9.** Кононцев С. В. Багатостадійне біологічне очищення оборотної води індустриальних рибницьких господарств : дис. д-ра техн. наук. : 05.17.21. 2019. С. 216–220. **10.** Straus D. L., Tucker C. S. 1993. Acute Toxicity of Copper Sulfate and Chelated Copper to Channel Catfish. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 24. P. 390–395. **11.** Cole J. T., Baird J. H., Basta N. T., Huhnke R. L., Storm D. E., Johnson G. V., Payton M. E., Smolen M. D., Martin D. L., Cole J. C. Influence of Buffers on Pesticide and Nutrient Runoff from Bermudagrass Turf. *Journal of Environmental Quality*. 1997. Vol. 26. P. 1589–1598. **12.** Гриневич Н. Є., Семанюк Н. В., Світельський М. М., Трофимчук А. М., Хом'як О. А., Присяжнюк Н. М. Санітарно-мікробіологічні показники води рециркуляційної аквасистеми за вирощування *Asipenser ruthenus* L. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. Вип. 10. Рр. 51–63. **13.** Гриневич Н. Є., Димань Т. М., Мазур Т. Г., Слюсаренко А. О., Кухтин М. Д., Світельський М. М. Дослідження впливу різних типів наповнювачів реактора біофільтра на процес формування нітрифікуючої мікрофлори в установках замкнутого водопостачання в індустриальних аквафермах. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. Т. 5. № 2. С. 112–120. **14.** Гроховська Ю. Р., Кононцев С. В. Асиміляційний потенціал ряскових та перспективи його використання при очищенні оборотної води УЗВ. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. 2018. Вип. 1(81). С. 47–53. **15.** Клименко М. О., Прищепа А. М., Клименко О. М., Стецюк Л. М. Оцінювання стану водних екосистем за показниками біотестування : монографія. Рівне : НУВГП, 2014. 170 с.

## REFERENCES:

**1.** Kumar R., & Goh K. Algae in Aquaponics: A Boon or Bane. *Aquaculture Reports*, 2019. P. 15. **2.** Goddek S., Delaide B., Mankasingh U., Ragnarsdottir K. V., Jijakli M. H., & Thorarinsdottir R. Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability*. 2015. Vol. 7(4). P. 4199–4224. **3.** Schmutz Z., Loeu F., Liebisch F., Graber A., & Mathis A. Nutrient Fluxes in Aquaponics Systems and the Role of Algal Blooms. *Water*. 2020. Vol. 12(3). P. 765. **4.** Blidariu F., & Grozea A. Increasing the Economical Efficiency and Sustainability of Indoor Fish Farming by Using Aquaponics – Review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2011. Vol. 44(2). P. 1–8. **5.** Tyson R. V., Simonne E. H., White J. M., & Lamb E. M. Reconciling Water Quality Parameters Impacted by Algae in a Recirculating Aquaponic System. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2004. Vol. 35(1). P. 78–84. **6.** Sallenave R. Managing Filamentous Algae in Ponds. New Mexico State University Cooperative Extension Service, Guide W-

103. 2014. **7.** Hlazer K., Baumann K., Liainveber P., Mykhailiuk T., Karsten U. Riznomanitnist vodorostei u biolohichnykh gruntovykh kirkakh u lisakh pid riznoiu intensyvniatu upravlinnia ta deiaki naslidky dlia tsyklu fosforu. *Bioheonauky*. 2018. T. 15. S. 4181–4192. **8.** Mykhailiuk T. I., Demchenko E. M., Hlazer K., Karsten U. Novi ta ridkisini dlia Ukrainy vydy vodorostei z biolohichnykh gruntovykh kirok. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*. 2019. T. 76. № 2. S. 123–135. **9.** Konontsev S. V. Bahatostadiine biolohichne ochyshchennia oborotnoi vody industrialnykh rybnitskykh gospodarstv : dys. d-ra tekhn. nauk. : 05.17.21. 2019. S. 216–220. **10.** Straus D. L., Tucker C. S. 1993. Acute Toxicity of Copper Sulfate and Chelated Copper to Channel Catfish. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 24. P. 390–395. **11.** Cole J. T., Baird J. H., Basta N. T., Huhnke R. L., Storm D. E., Johnson G. V., Payton M. E., Smolen M. D., Martin D. L., Cole J. C. Influence of Buffers on Pesticide and Nutrient Runoff from Bermudagrass Turf. *Journal of Environmental Quality*. 1997. Vol. 26. P. 1589–1598. **12.** Hrynevych N. Ye., Semaniuk N. V., Svitelskyi M. M., Trofymchuk A. M., Khomiak O. A., Prysiashniuk N. M. Sanitarно-микробиологични pokaznyky vody retsyrkuliatyinoi akvasystemy za vyroshchuvannia *Acipenser ruthenus* L. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. 2021. Vyp. 10. Pp. 51–63. **13.** Hrynevych N. Ye., Dyman T. M., Mazur T. H., Sliusarenko A. O., Kukhtyn M. D., Svitelskyi M. M. Doslidzhennia vplyvu riznykh typiv napovniuvachiv reaktora biofiltra na protses formuvannia nitryfikuiuchoi mikroflory v ustanovkakh zamknutoho vodopostachannia v industrialnykh akvafermakh. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. 2020. T. 5. № 2. S. 112–120. **14.** Hrokhovska Yu. R., Konontsev S. V. Asymiliatsiyni potentsial riaskovykh ta perspektyvy yoho vykorystannia pry ochyshchenni oborotnoi vody UZV. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky*. 2018. Vyp. 1 (81). S. 47–53. **15.** Klymenko M. O., Pryshchepa A. M., Klymenko O. M., Stetsiuk L. M. Otsiniuvannia stanu vodnykh ekosystem za pokaznykamy biotestuvannia : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2014. 170 s.

---

**Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Konontsev S. V., Doctor of Engineering, Professor, Hrokhovska Y. R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Pryshchepa A. M., Doctor of Agricultural Sciences** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **POTENTIAL OF NUTRIENT DEFICIENCY UNDER THE DEVELOPMENT OF FILAMENTOUS ALGAE IN AQUAPONICS**

**The article addresses the issue of filamentous algae development in aquaponic systems, their impact on the chemical composition of water, and possible control measures. Aquaponics,**

**combining aquaculture and hydroponics, is a promising technology for restoring agricultural production in Ukraine under conditions of limited land resources. The main goal of the study is to establish the conditions for the development of filamentous algae, particularly Spirogyra, and assess their negative impact on the cultivation of leafy lettuce and African catfish.**

**The research methodology included monitoring the chemical elements of water composition, analyzing laboratory data, and performing a systematic analysis of factors that contribute to the appearance of algae. It was established that the main causes of excessive filamentous algae proliferation are the imbalance of macrolelements (nitrogen, phosphorus, potassium), elevated ammonia levels in water, as well as uncontrolled lighting and temperature. During the dark phase of photosynthesis, filamentous algae consume oxygen, which may lead to hypoxia in fish. Furthermore, biofouling of aquaponic system components by algae reduces filter efficiency, restricts water flow, and creates additional technical difficulties.**

**The research results showed that high concentrations of nitrates and phosphates promote the growth of filamentous algae, which actively assimilate these elements, creating a deficiency for plants. Specifically, under conditions of intensive algae development in the system, the extraction of up to 50% of nitrate nitrogen and 70% of phosphorus may be observed, negatively affecting the yield of lettuce and other crops. A set of measures to combat filamentous algae has been proposed, including lighting control, regulation of water circulation speed, maintaining an optimal balance of nutrients, and monitoring water temperature and pH. The obtained results will help improve the efficiency of aquaponic systems and ensure sustainable production in a controlled environment.**

***Keywords:* aquaponics; filamentous algae; leafy lettuce; nutrients; African catfish; nutrients.**