

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОФІЛЬТРІВ З РІЗНИМИ ТИПАМИ НАПОВНЮВАЧІВ НА ЕТАПІ ВСТАНОВЛЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНЕНОГО ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

**Д. Ю. ШАРИЛО**, аспірант\* кафедри аквакультури,  
<http://orcid.org/0000-0001-6005-421X>

**В. О. КОВАЛЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри аквакультури,  
<http://orcid.org/0000-0001-7452-4331>

**Б. Ю. КОВАЛЕНКО**, аспірант\* кафедри аквакультури,  
<http://orcid.org/0000-0002-0719-2063>

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
E-mail: [Sharylo.dmitrii@gmail.com](mailto:Sharylo.dmitrii@gmail.com), [kovalenko\\_va\\_58@i.ua](mailto:kovalenko_va_58@i.ua),  
[bogdankovalenko@ukr.net](mailto:bogdankovalenko@ukr.net)

**Анотація.** У роботі представлені результати експерименту з порівняльної оцінки різних типів наповнювачів для фільтрів біологічної очистки установок замкненого водозабезпечення (УЗВ) на етапі формування активної бактеріальної плівки. У якості наповнювачів використовувались високопориста кераміка і сепаракс (пористе скло) як перспективні біофільтраційні матеріали, що мають значно вищі показники корисної площі поверхні порівняно з класичними полімерними плаваючими біозавантажувачами. Перевірено швидкість запуску біологічної фільтрації в УЗВ, оснащених біофільтрами з різними наповнювачами. У якості біологічного тест-об'єкту було обрано молодь кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Цей вид характеризується підвищеною резистентністю до впливу азотних сполук на організм, але молодь на етапі вирощування від 0,5 до 200 г більш чутлива до факторів гідрохімічного стану води. Разом з тим, цей вид менше піддається раунд-фактору порівняно з традиційними об'єктами аквакультури України, що дозволяє працювати з ним у порівняно малих модельних установках замкненого водопостачання. За результатами досліджень встановлено, що біофільтри з різними типами субстратів для заселення нітрифікуючими бактеріями на етапі запуску фільтраційних систем УЗВ проходять цикл встановлення біологічної рівноваги з однаковим темпом. За рахунок більш оптимальних гідрохімічних показників у процесі експлуатації УЗВ з досліджуваними варіантами наповнювачів біофільтру відсоток виживаності та показники приросту мальків кларієвого сома були

\* Науковий керівник - кандидат сільськогосподарських наук В. О. Коваленко

дещо вищими порівняно з використанням класичного плаваючого полімерного наповнювача. Це пов'язано з вищим показником питомої площі поверхні порівняно з класичним полімерним наповнювачем. Для перевірки результатів експерименту, особливо в частині впливу різних наповнювачів для біофільтра на показники якості води, швидкість встановлення біологічної рівноваги та якості роботи блоку біологічного очищення в УЗВ та виживаність риб доцільно продовжити дослідження за умови експериментального збільшення рівня органічного навантаження.

**Ключові слова:** кларієвий сом, УЗВ, біофільтрація, нітрифікація, біозавантаження, сепаракс, пориста кераміка

---

### Актуальність.

На сьогодні в раціоні середньостатистичного українця кількість риби і морепродуктів значно поступається загальновизнаним медичним нормам. Причинами цього є недостатній обсяг вітчизняного виробництва рибної продукції та висока її кінцева вартість. Вирішення цієї проблеми полягає у впровадженні енергозберігаючих методів вирощування товарної риби. Одним із напрямів розробки ресурсозберігаючих технологій є удосконалення системи біофільтрації води в УЗВ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирощування риби в рециркуляційних установках дозволяє підвищити продуктивність рибницьких господарств за рахунок інтенсифікації процесу культивування. Такий спосіб вирощування має порівняно високі затрати на матеріально-технічне облаштування господарства та його експлуатацію. Виправданим в економічному сенсі є використання таких видів риб, ціна товарної продукції яких дає змогу окупити витрати на виробництво. Не менш важливим чинником є швидкість росту і виживаність об'єкта культивування на всіх етапах вирощування та вихід товарної продукції з одиниці площі чи об'єму

води. Використання технологій УЗВ дозволяє рибницьким підприємствам перейти на однорічний цикл товарного виробництва, що значно скоротить терміни окупності вкладених у побудову господарства коштів, порівняно з класичними дво- чи трирічними циклами (Гріневич, 2016).

Африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) був завезений в Європу наприкінці ХХ століття. Біологічні особливості цієї риби зробили її одним із найбільш перспективних об'єктів аквакультури в УЗВ. Кларієвий сом віддає перевагу воді з температурою 25-32 °С, має високу резистентність до підвищеного вмісту в воді азотистих сполук, витримує високу щільність під час вирощування і, як наслідок, може давати вихід товарної риби до 600 кг з 1 м<sup>3</sup> води. Завдяки наявності надз'ябрового апарату ця риба витримує дуже низьку концентрацію кисню у воді. У межах природного ареалу кларієвий сом веде хижацький спосіб життя, хоча відомо, що ця риба може досить добре рости на кормах із низьким вмістом протеїну тваринного походження (Власов, 2009; Гордеев, Власов, 2005; Фатталахи, Власов, 2005).

У класичних технологіях вирощування риби та інших гідробионтів в

УЗВ можливе використання біофільтрів різних типів та конструкцій. Головним елементом біофільтра є субстрат чи завантаження, ефективність якого оцінюється за питомою площею робочої поверхні ( $S_m$ , м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>) в одиниці об'єму активної зони біофільтра. Чим більша питома площа субстрату, тим більше бактерій може поселитись у кубічному метрі активної зони біофільтра (Проскуренко, 2003).

На сьогодні практично всі біофільтраційні установки потребують досить великої кількості наповнювачів, що слугують субстратом для біоплівки, ємностей відповідного об'єму та площі для розміщення і, як наслідок, значних затрат на побудову та експлуатацію таких установок. Використання завантаження для біофільтрів із високими показниками питомої площі поверхні може вирішити цю проблему і, в результаті, знизити собівартість виробництва рибної продукції (Timmons, Ebeling, 2006).

Найбільш поширеним у світовій аквакультурі наповнювачем для біофільтрів сьогодні є пластикове плаваюче завантаження для блоку біологічної очистки. Цей наповнювач потребує значного об'єму біофільтраційної установки – 1:1–1,3:1 по відношенню до об'єму рибницьких басейнів. Також деякі УЗВ, що використовують пластикове навантаження для біофільтрів, оснащені блоком денітрифікації, який значно здорожчує процес виробництва продукції через високу вартість і значну енергоємність. Ще один мінус – високі темпи зношування пластикового наповнювача і потреба у відносно частій його заміні (Проскуренко, 2003; Timmons, Ebeling, 2006).

Запуск біологічного фільтра необхідний для заселення субстрату

колоніями бактерій *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*. Розвиток колонії *Nitrosomonas* починається за потрапляння в біофільтр амонію  $\text{NH}_4^+$ . У результаті окислювальної діяльності *Nitrosomonas* у воді з'являється нітрит  $\text{NO}_2^-$ , який слугує кормом для бактерій роду *Nitrobacter*, що окислюють нітрит до нітрату  $\text{NO}_3^-$ . Обидві стадії процесу нітрифікації йдуть зі значним споживанням кисню.

Середній термін завершення запуску біофільтра становить 40–70 діб за оптимальної температури +16 °С. Безпечний запуск біофільтра здійснюється за щільності посадки риби 2–3 кг/м<sup>3</sup>, тому концентрація токсичних продуктів у воді не встигає дійти до летальних значень. Навантаження на біофільтр можна збільшувати тільки після завершення процесу формування колоній бактерій, що оцінюють за зростанням концентрації нітрату  $\text{NO}_3^-$ .

Прискорений запуск біофільтра проходить за часткової його заправки субстратом з уже функціонуючого біофільтра. Так, із крапельного біофільтра діючої установки в різних місцях вилучаються блоки субстрату і замінюються чистими блоками. Вилучені блоки встановлюються у верхню частину фільтра, що запускається, і система приводиться в робочий стан. Аналогічно діють під час роботи з фільтрами з гранульованим завантаженням. Під час запуску біофільтра бактеріальна плівка покриває не тільки субстрат, але і всі поверхні установки, які контактують із циркулюючою водою. Прискорення запуску біофільтра у замкненій установці досягається також шляхом внесення в воду концентрату необхідних бактерій.

Перший етап біологічного очищення води – переведення амонію в нітрит. Сам по собі іон  $\text{NH}_4^+$  не отруйний для

риб, адже організм риби виділяє вільний аміак  $\text{NH}_3$  через зябра. Виділення аміаку, як правило, прямо пропорційне кількості з'їденого корму, обернено пропорційне кормовому коефіцієнту і залежить від складу корму. Аміак та іони амонію знаходяться в хімічній рівновазі  $\text{NH}_3 - \text{H}^+ - \text{NH}_4^+$ , яка в лужному середовищі зміщується ліворуч, а в кислому – праворуч, зі зв'язуванням іонів водню. Крім рН, на цей процес сильно впливає температура. Концентрація вільного аміаку, з якої починається пригнічення життєдіяльності у більшості видів риби, становить 0,05 мг / л (Timmons, Ebeling, 2006).

Стандартні методи гідрохімічного аналізу води дозволяють виміряти тільки загальну кількість аміак-амонію. Враховуючи біологічні особливості кларієвого сома, загальна кількість  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ , що може міститись у технологічній воді, становитиме до 10 мг / л (Спотт, 1982; Timmons, Ebeling, 2006).

Вважається, що нітрати  $\text{NO}_3^-$  для риби нетоксичні і вона може витримувати їх концентрацію до 100 мг / л. Також вважається, що нітрати не проникають в тканини риби і риба, вирощена за високої концентрації нітратів, не накопичує їх у своїх тканинах. У типових УЗВ такої концентрації нітратів, зазвичай, не вдається досягти (Брайнбалле, 2010).

Наявність нітритів у технологічній воді є наступним після показника амонію негативним фактором: після окислення амонію до азотистої і азотної кислоти вони стають небезпечними для риби хімічними сполуками. Прийнято вважати, що припустима концентрація нітриту в технологічній воді – до 0,2 - 0,25 мг / л. Але відомості про токсичність даної речовини, без урахування наявності у

воді іонів хлору – малоінформативні. Якщо прийняти дану норму за гранично допустиме значення, то запуск системи біофільтрації за наявності в системі риби був би неможливим, і будь-які перевантаження установки призводили б до загибелі риби. Так, за наявності в воді іонів хлору 32 мг / л безпечна концентрація нітритів для лососевих видів риби підвищується з 0,2 до 8,9 мг / л (Проскурєнко, 2003). У зв'язку з цим, ГДК за нітритом для рециркуляційних установок прийнято вважати 2 мг / л (Timmons, Ebeling, 2006, Брайнбалле, 2010).

**Мета досліджень** полягає в пошуку альтернативних матеріалів для біологічної фільтрації в УЗВ з вищим ніж у класичного пластикового наповнювача показником питомої площі поверхні та відповідною можливістю зменшення об'єму біофільтру, що дасть змогу знизити кількість використовуваної води і зменшити затрати на воду та енергоносії.

Завдання дослідження полягало у визначенні якості роботи біофільтрів у модельних УЗВ з різними типами наповнювачів та їхнього впливу на ріст і виживання біологічного тест-об'єкта – молоді кларієвого сома.

### **Матеріали та методи досліджень.**

Досліди з порівняльної оцінки якості різних наповнювачів для біологічного завантаження фільтраційних систем установок замкненого водопостачання та оптимізації схеми роботи біофільтрів були проведені в період від листопада до грудня 2019 року на базі лабораторії рибництва кафедри аквакультури НУБіП України.

Для проведення дослідів було спроектовано та встановлено комп-

лекс із п'яти модельних акваріальних установок, які відповідали основним характеристикам замкнених рибницьких систем. Кожна установка включала в себе виготовлену зі скла рибоводну ємність об'ємом 100 л, блок фільтрації води. Для підйому води в біофільтр використовувались помпи «MinJang NS F801» потужністю 1200 л / год з енергоспоживанням 15 Вт / год. У якості механічного фільтра використано пористі поролонові губки, приєднані до водоподаючої помпи. Очистка механічного фільтра проводилась періодично вручну, за необхідності.

Блок біологічної очистки складався з пластикової ємності (розміри 90 см × 14 см × 15 см, робочий об'єм 10 л), водоподаючого шлангу, прокладеного від помпи до переливної колонки. У ємності біофільтра шланг був перфорований і прокладений по дну. Така конструкція дозволяла рівномірно розподіляти технологічну воду по всьому об'єму біофільтра, а також одночасно слугувала розпилювачем повітря для компресора. Компресор був підключений через штуцер до водовивідного патрубку помпи, що дозволяло використовувати водоподаючий шланг як елемент системи аерації води перед біофільтром. Водоскид був обладнаний підпірною стінкою, яка підтримувала в фільтрі постійний рівень води, із самопливним її поверненням у рибницьку ємність.

У якості субстрату для заселення нітрифікуючими бактеріями в біофільтрі на різних етапах дослідження було використано:

1) контрольний варіант (одна УЗВ) – плаваюче біозавантаження Aqua 16 мм × 12 мм з показником корисної площі 1000 м<sup>2</sup> / м<sup>3</sup>;

2) дослідний варіант № 1 з подвійною повторністю в УЗВ №№ 1.1 і 1.2 – пориста кераміка для біофільтрів з показником корисної площі 200 м<sup>2</sup> / л;

3) дослідний варіант № 2 з подвійною повторністю в УЗВ №№ 2.1 і 2.2 – сепаракс «JBL Micromec» з корисною площею 1600 м<sup>2</sup> / л (аеробна зона, доступна для нітрифікаторів – 10 %, анаеробна зона денітрифікації – 90 %) (дослідні системи №2.1 та № 2.2).

Для підтримки оптимальної температури використовувались акваріумні обігрівачі з терморегуляторами – «Resun Sunlike 200» потужністю 200 Вт / год. Температура на всіх етапах вирощування підтримувалась на оптимальному рівні для культивування кларієвого сома та роботи біофільтра (+ 27 °С).

У якості біологічного тест-об'єкта було використано молодь кларієвого сома *Clarias gariepinus* зі стартовою індивідуальною масою тіла 50 мг. Порівняння ефективності роботи біофільтраційних систем із різними типами наповнювачів і встановлення оптимальної якості води в УЗВ було проведене на етапі підрощування молоді кларієвого сома від маси 0,05 г до маси 0,4 г. Цей етап вирощування риби дозволяє використовувати малі за об'ємом рибницькі ємності (до 1000 л); разом із тим, молодь кларієвого сома на цьому етапі розвитку має підвищену чутливість до умов середовища, що дозволяє використовувати її як тест-об'єкт для оцінки якості технологічної води в УЗВ.

Дослід включав спостереження та порівняльну оцінку швидкості запуску процесу біофільтрації в установках та якості роботи біофільтрів з різними типами наповнювачів.

Технологічна схема експерименту включала запуск біофільтра за допомогою спеціальних препаратів, що містять культури нітрифікуючих бактерій та поживні речовини для їх росту. Перевірку швидкості запуску проводили шляхом визначення кількості органічних речовин у воді за вмістом аміаку-амонію ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ), та іонів ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  і  $\text{PO}_4^{3-}$ ), будували графіки динаміки протікання азотного циклу. Оцінку придатності технологічної води УЗВ проводили за результатами дослідження швидкості росту і виживаності молоді кларієвого сома. Перевірку концентрації азотних сполук у воді проводили методом фотокolorиметрії, визначення швидкості росту та виживаності риб – за загальноприйнятими в рибництві методами (Правдин, 1966; Чакчир, Алексеева, 2002; Ісаєнко та ін., 2009). Тривалість експерименту становила 19 діб.

### **Результати досліджень та їх обговорення.**

Встановлення біологічної рівноваги. Встановлено, що запуск всіх п'яти УЗВ з різними типами біологічного завантаження відбувався з однаковою швидкістю. На другу та шосту доби після запуску риби в УЗВ спостерігалось значне підвищення рівнів амонію, нітриту, нітрату та фосфату, що пов'язано з надходженням в систему певної кількості органіки у вигляді рибних кормів та відходів життєдіяльності риб. На четверту та сьому доби рівень вмісту у воді органічних речовин значно знижувався, що пов'язано з підвищенням біомаси бактеріальної плівки та поглинанням ними азотистих сполук. Детальні графіки встановлення біологічної рівноваги показані на рисунках 1–5.

Як видно з графіків 1–5, встановлення біологічної рівноваги відбулось на 10 добу експерименту, після чого не спостерігалось значних коливань величин концентрації органічних речовин у технологічній воді, які знаходились у межах, допустимих для цього виду риб.

Запуск системи біофільтрації відбувся значно швидше порівняно з описаними в літературі експериментами (Timmons, Ebeling, 2006). Це пов'язано з використанням препаратів, які містять культури нітрифікуючих бактерій і поживні речовини для їх росту та вищою середньою температурою води.

Решту часу концентрація речовин, що досліджувались, перебувала в межах, допустимих для вирощування кларієвого сома.

Концентрація амонійного азоту після встановлення біологічної рівноваги у всіх системах знаходилася в діапазоні 4,61-5,15 мг / л, що значно нижче нормативних величин. Це пов'язано з незначним рівнем органічного навантаження, яке є рекомендованим на початковому етапі запуску біологічної фільтрації. Графік зміни концентрації амонію показаний на рис. 6.

Найвищий середній рівень амонійного азоту спостерігався в контрольній УЗВ (4,14 мг / л). Нижчі показники були у дослідних УЗВ: № 1.2, 2.1, 1.1 і 2.2 – 4,13, 4,12, 4,08, 3,99 мг / л відповідно. Ці дані свідчать про кращу роботу біофільтраційних матеріалів у дослідних варіантах, що пов'язано з більшою питомою площею на одиницю об'єму наповнювачів для біофільтрів цих УЗВ. Можна припустити, що за вищого рівня біологічного навантаження на рибницькі системи різниця показників могла б бути ще більшою.

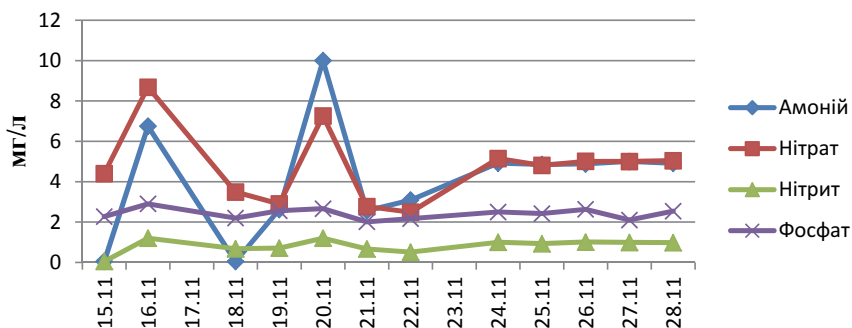


Рис. 1. Графік встановлення біологічної рівноваги у контрольній УЗВ

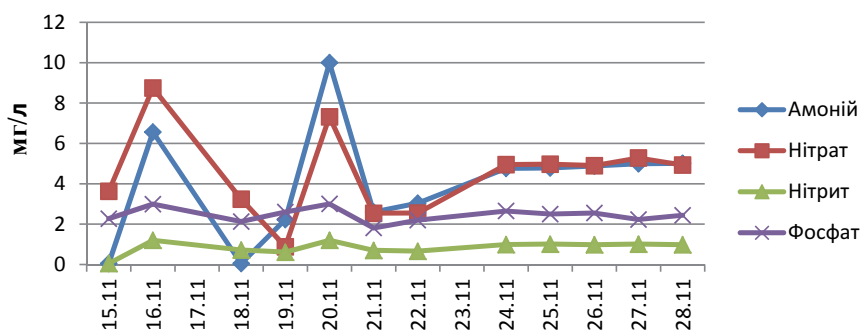


Рис. 2. Графік встановлення біологічної рівноваги у дослідній УЗВ № 1.1

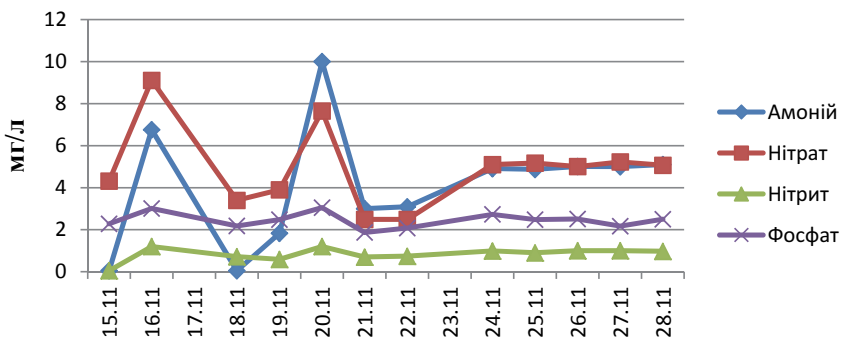


Рис. 3. Графік встановлення біологічної рівноваги в дослідній УЗВ № 1.2

Концентрація нітритів після встановлення біологічної рівноваги у всіх системах знаходилася в діапазоні 0,9–1,01 мг/л, що відповідає нормативним вимогам до технологічної води в УЗВ для кларієвого сома (Timmons, Ebeling, 2006, Брайнбалле,

2010). Графік змін рівня концентрації амонію показаний на рис. 7.

Найвищий середній рівень нітритів після встановлення біологічної рівноваги спостерігався в контрольній УЗВ та у дослідній УЗВ № 1.1 (0,98 мг/л). Деяко нижчими були по-

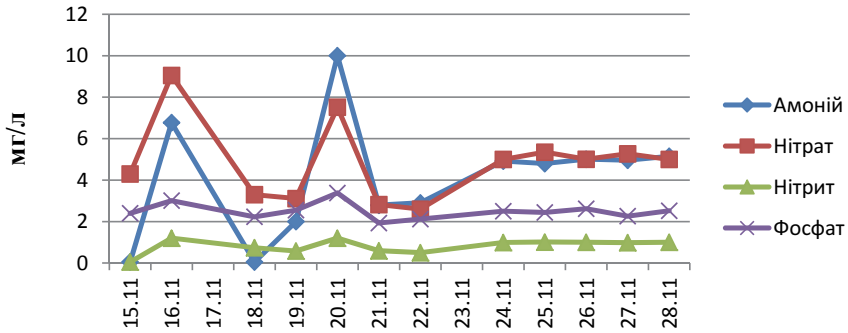


Рис. 4. Графік встановлення біологічної рівноваги в дослідній УЗВ № 2.1

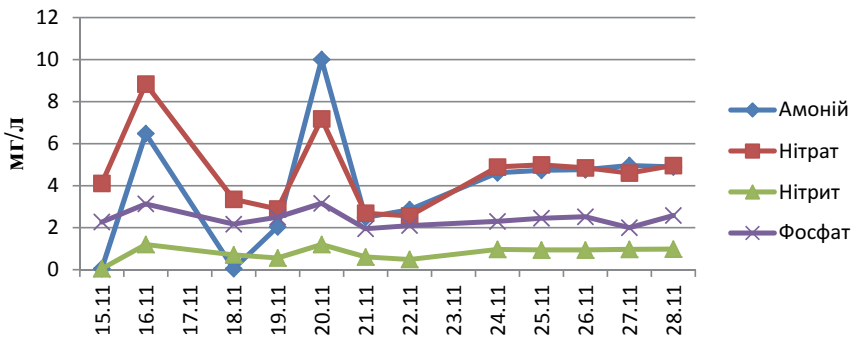


Рис. 5. Графік встановлення біологічної рівноваги в дослідній УЗВ № 2.2

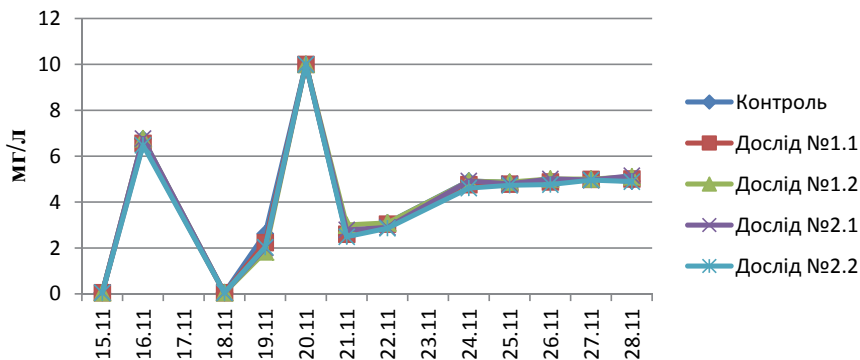


Рис. 6. Графік змін рівня концентрації амонійного азоту

казники у дослідних УЗВ № 1.2 (0,97 мг / л), №№ 2.1 і 2.2 (0,96 мг / л). Ці дані свідчать про нормальну роботу системи біофільтрації в УЗВ обох дослідних варіантів і контролю.

Концентрація нітратів після встановлення біологічної рівноваги у всіх системах знаходилася в діапазоні 4,60–5,35 мг / л, що є значно нижчим показником за нормативну величину.



Це можна пояснити незначним рівнем органічного навантаження на рибницьку систему. Графік змін рівня концентрації нітрату показаний на рис. 8.

Найнижча середня концентрація нітратів у воді після встановлення біологічної рівноваги спостерігалася в дослідній УЗВ № 2.2 (4,86 мг/л) та в контрольній УЗВ (5,0 мг/л). Дещо вищі показники були зафіксовані у дослідних УЗВ № 1.1 (5,01 мг/л), № 1.2 (5,12 мг/л) і № 2.1 (5,13 мг/л). Ці дані свідчать про більш ефективну очистку води в рециркуляційних системах з дослідними варіантами завантаження для біофільтрів, адже рівень нітратів, які є кінцевими продуктами процесу нітрифікації органічних сполук, є дещо вищим на фоні нижчого рівня амонійного азоту і нітритів, що свідчить про

швидший темп роботи біофільтрів із наповнювачами з пористої кераміки і сепараксу, у порівнянні з класичним пластиковим плаваючим завантаженням.

Дослідна УЗВ № 2.2 показала найнижчий рівень концентрації нітратів, що може бути пов'язано з деяким підвищенням температури води в системі (різниця з рештою систем складала + 0,7 °С), що прискорило протікання азотного циклу в системі. Ця рибницька установка в якості біозавантаження біофільтра містила сепаракс, у якому за рахунок надвисокої питомої площі поверхні може виникати анаеробне середовище, де проходить процес денітрифікації. На користь цього припущення свідчать найнижчий середній рівень концентрації амонійного азоту і кращі

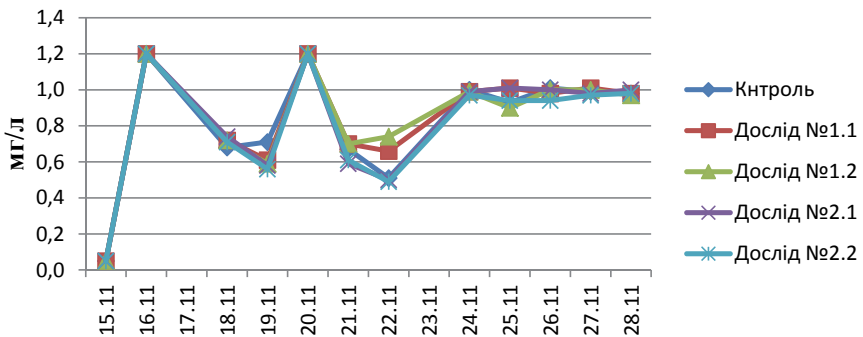


Рис. 7. Графік змін рівня концентрації нітритів

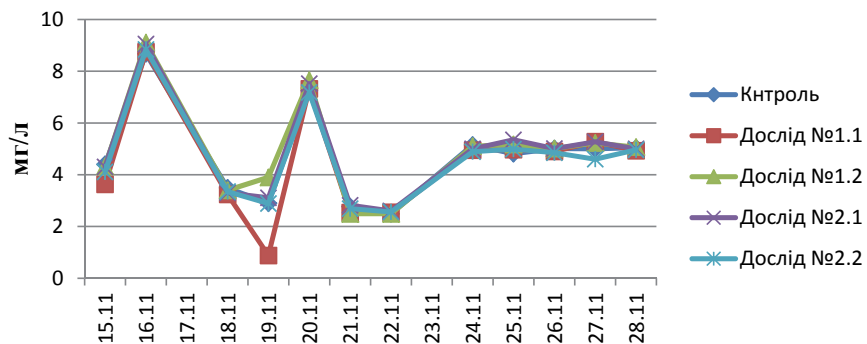


Рис. 8. Графік змін рівня концентрації нітратів

показники приросту та виживаності молоді кларієвого сома.

Середня концентрація фосфатів у всіх системах не перевищувала технологічної норми і коливалася в межах 1,8–3,4 мг/л. Графік змін рівня концентрації фосфатів показано на рис. 9.

Як видно з графіка, значних коливань цього показника у процесі запуску біофільтраційних систем не спостерігалось. Оскільки фосфати є інертними речовинами без виражених токсичних ефектів для вирощуваних риб, можна вважати дані вимірювань концентрацій  $PO_4^{3-}$  в період встановлення біологічної рівноваги недостатньо інформаційними.

У середньому, впродовж експерименту відносний приріст маси

тіла мальків кларієвого сома був на рівні 151–157 %. Водночас найнижчі показники відмічено у дослідній УЗВ № 2.1 та у контрольній УЗВ – 151 % і 154 %, відповідно. Дещо вищі показники спостерігалися у дослідних УЗВ №№ 1.2, 2.2 і 1.1 – 155 %, 156 % та 157 % відповідно. При цьому абсолютний приріст маси тіла знаходився в діапазоні від 318 мг/екз. до 369 мг/екз. Найнижчу масу тіла мали риби в дослідній УЗВ № 2.1 (318 мг/екз.) і у контрольній УЗВ (344 мг/екз.). Кращі показники росту відмічено у дослідних УЗВ № 1.2, № 2.2 і № 1.1 – 348 мг/екз., 360 мг/екз. та 369 мг/екз. відповідно. Графік росту молоді представлено на рис. 10.

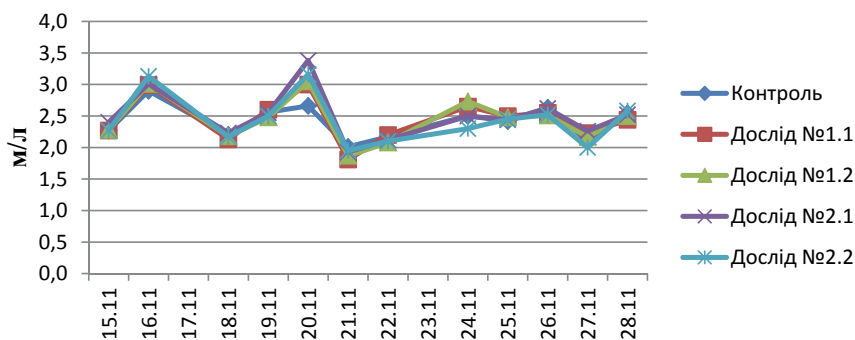


Рис. 9. Графік змін рівня концентрації фосфатів

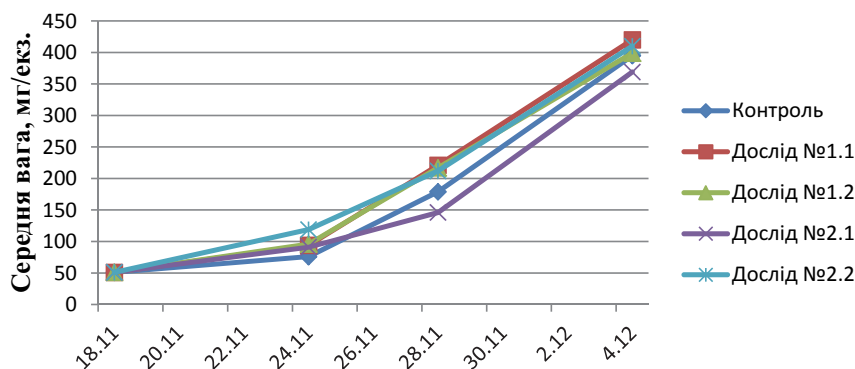
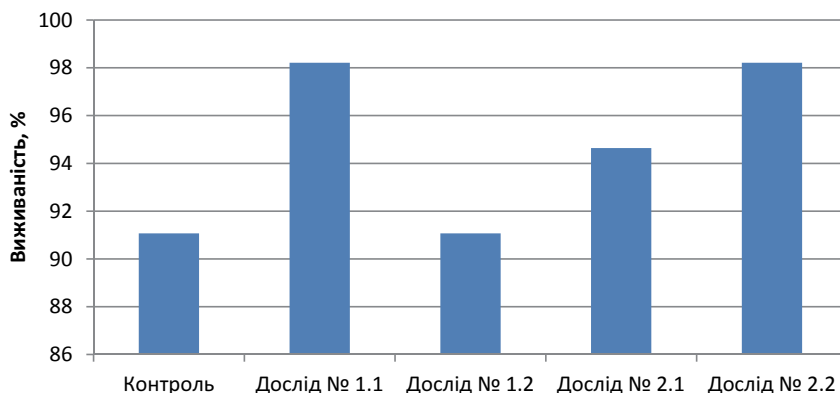


Рис. 10. Графік росту мальків кларієвого сома в експерименті



**Рис. 11.** Графік виживаності молоді кларієвого сома в експерименті

Ріст маси тіла мальків кларієвого сома був вищим у дослідних варіантах, ніж у контролі. Це можна пояснити більш оптимальними гідрохімічними умовами для вирощування риби. Однак, у дослідній УЗВ № 2.1 було відмічено гірший ріст риби, що пов'язано з доволі тривалим (упродовж 4 діб) періодом зниження температури води в цій системі (менше на 1 °С порівняно з іншими рибницькими системами), що і спричинило гальмування риб в рості.

Відсоток виживаності мальків в експерименті перебував у межах технологічної норми і у всіх варіантах дослідження перевищив 90 %. Графік виживаності показаний на рис. 11.

Вживаність мальків кларієвого сома у дослідних варіантах виявилася загалом вищою за варіант контролю (91 %): УЗВ №№ 1.1 і 2.2 – 98 %, УЗВ № 2.2 – 95 %, що можна пояснити дещо кращими гідрохімічними умовами в УЗВ цих варіантів. Показник виживаності риб в УЗВ № 1.2 був таким же, як і у контрольному варіанті – 91 %. Якщо взяти до уваги, що виживаність молоді кларієвого сома у всіх варіантах експерименту була не нижча за технологічну норму

(90 %), а максимальна різниця за цим показником становила 7 %, доцільно провести ще один експеримент, з вищим органічним навантаженням на систему біофільтрації в УЗВ з метою перевірки отриманого результату.

### **Висновки і перспективи.**

Під час експерименту було отримано підтвердження того, що ріст і виживання риби в рециркуляційних системах напряму залежать від якості технологічної води. Одним із найважливіших факторів якості водного середовища, які впливають на результати вирощування риби, є азотисті сполуки. Отже, робота біофільтраційної системи щодо нейтралізації негативного впливу цих речовин на організм риб є важливою. Ефективність процесу біофільтрації залежить від типу наповнювача і його питомої площі поверхні в одиниці об'єму.

Результати експерименту підтверджено, що у якості завантаження для біофільтрів в УЗВ доцільно використовувати високпористі наповнювачі – сепаракс і пористу кераміку.

Для перевірки результатів експерименту, особливо в частині впливу

різних наповнювачів для біофільтра на показники якості води, швидкість встановлення біологічної рівноваги в УЗВ та виживаність риб доцільно продовжити дослідження за умови збільшення в експерименті рівня органічного навантаження на систему біологічної очистки води.

---

### References

1. Braynballe, Y. (2010). Kerivnytstvo po akvakul'turi v ustanovkakh zamknutoho vodopostachannya [Guidance on aquaculture in closed water installations]. Kopenhagen: 70.
2. Vlasov, V. A. (2009). Rost i razvitiye afrikanskogo soma (*Clarias gariepinus*) v zavisimosti ot usloviy kormleniya i sodержaniya [Growth and development of African catfish (*Clarias gariepinus*) depending on feeding conditions and maintenance]. Izvestiya TSKHA: № 3, 148–156.
3. Gordeyev, A. V., Vlasov, V. A. (2005). Vyrashchivaniye v UZV afrikanskogo soma [African catfish cultivation in the RAS]. Moskov: T-vo nauch. izdaniy KMK, 33–35.
4. Hrinevych, N. YE. (2016). Osoblyvosti vykorystannya biofil'triv z riznyimi typami napovnyuvacha v ustanovkakh zamknutoho vodopostachannya v akvakul'turi [Features of the use of biofilters with different types of filler in closed water supply systems in aquaculture]. Naukovyy visnyk LNUVMBT im. S.Z. Gzhyts'koho, № 3, 57–61.
5. Isayenko, V. M. et. al (2009). Monitorynh i metody vymiryuvannya parametriv navkolyshn'oho seredovyscha [Monitoring and measurement methods for environmental parameters]. Kyiv: NAU-druk, 312.
6. Pravdin, I. F. (1966). Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Fish study guide]. – Moskov: Glavpoligraf Prom, 375.
7. Proskurenko, I. V. (2003). Zamknutyie rybovodnyie ustanovki [Recirculating aquaculture systems]. Moskov: Izd-vo VNIRO, 152.
8. Spott, S. (1982). Soderzhaniye ryby v zamknutykh sistemakh [Fish and invertebrate culture water management in closed systems]. Moskov: Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 192.
9. Fattalaxhi, M., Vlasov, V. A. (2005). Rost afrikanskogo soma (*Clarias gariepinus*) v usloviyakh ustanovki s zamknutym vodopostachaniem (UZV) [The growth of African catfish (*Clarias gariepinus*) in a setting with recirculation aquatic systems (RAS)]. Problemy akvakul'tury: mezhved. sb. nauch. i nauch.-metod. Trudov, 3-15.
10. Chakchir, B. A., Alekseyeva, G. M. (2002). Fotometricheskiye metody analiza: metodicheskiye ukazaniya [Photometric analysis methods: guidelines]. SPb: Izd-vo SPKHFA, 44.
11. Timmons, M. B., Ebeling, J. M. (2006). Recirculating Aquaculture. USA: Cayuga Aqua Ventures, 975.

---

**D. Yu. Sharylo, V. O. Kovalenko, B. Yu. Kovalenko (2019). PECULIARITIES OF USE OF BIOFILTERS WITH DIFFERENT TYPES OF FILLERS AT THE STAGE OF BIOLOGICAL BALANCE ESTABLISHMENT IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS.**

ANIMAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY, 10(2): 61-73.

<https://doi.org/10.31548/animal2019.02.061>

**Abstract.** This paper presents the results of an experiment on the comparative evaluation of different types of fillers for biological treatment of recirculation aquatic systems (RAS) during the formation of an active bacterial film. Highly porous ceramics and separax (porous glass) were used as fillers as promising biofiltration materials with significantly higher usable surface area than polymer floating bioloaders. The velocity of biological filtration in RAS equipped with

*biofilters yielding different fillers was established. Clarias gariepinus juvenile was selected as the biological test-object. This species is characterized by increased resistance to the influence of nitrogen compounds, although juvenile individuals at the growing stage of 0.5 to 200 g are more sensitive to hydrochemical factors. At the same time, this species is less susceptible to the round-factor compared to traditional aquaculture objects cultivated in Ukraine. It allows working with this species in relatively small model RAS installations. According to obtained results, biofilters with different types of substrates for nitrifying bacteria are undergoing the cycle of biological equilibrium with the same rate at the start-up phase of RAS filtration. The survival and growth rates of the African sharptooth catfish juveniles were slightly higher compared to the use of floating polymer filler due to more optimal hydrochemical parameters during the operation of RAS with the biofilter fillers. This can be associated with a higher specific surface area as those in the polymer filler. In order to verify the results of the experiment, especially regarding the effects of different biofilter fillers on water quality, biological equilibrium rate and biological purification unit performance in RAS and fish survival, it is advisable to continue the study with an experimental increase of organic loading.*

**Keywords:** African sharptooth catfish, RAS, biofiltration, nitrification, bioloading, separax, porous ceramics.

---