

## **УДК 628.35**

**Кононцев С. В., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ БІОКОНВЕЄРА ПРИ ОЧИЩЕННІ ОБОРОТНОЇ ВОДИ РИБНИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВ**

**Актуальність розробки та впровадження ефективних схем очищення оборотної води УЗВ пов'язана із стрімким розвитком даного напрямку рибництва. У роботі обґрунтовано доцільність реалізації методу біоконвеєра для очищення оборотної води рибницьких господарств та запропоновано схеми трансформації основних забруднень групами очисних агентів.**

**Ключові слова:** біологічне очищення води, УЗВ, метод біоконвеєра.

**Вступ.** У сучасній аквакультурі вже тривалий час зберігається тенденція до зростання обсягів рибницької продукції вирощеної індустріальними методами. Обмежена продуктивність природних водойм, негативний вплив антропогенного навантаження та дефіцит води в багатьох регіонах є основними чинниками, що стимулюють розвиток рибництва в установках із замкнутим водопостачанням (УЗВ). Такі технології вирощування рибницької продукції у штучно створених умовах характеризуються найвищим рівнем контрольованості процесів та екологічною чистотою, найвищими темпами росту риб та показниками ефективності використання виробничих площ. Необхідною умовою для реалізації базових переваг УЗВ є очищення забрудненої у басейнах оборотної води для можливості її потворного використання. Об'єктивна потреба у нарощуванні обсягів виробництва продукції рибництва при обмежених запасах водних ресурсів змушує використовувати для очищення оборотної води технології, які дозволяють підвищити коефіцієнт рециркуляції в аквасистемі до 95% і вище. Особливо актуальною дана проблема є в країнах з гострим дефіцитом прісної води та обмеженими земельними ресурсами. Для України, де рибництво в системах з оборотним водопостачанням знаходиться на етапі розвитку, питання ефективного очищення оборотної води також має виняткове значення, оскільки воно пов'язане з конкурентоздатністю вирощеної такими методами продукції.

**Аналіз останніх досліджень.** Відновлення якості оборотної во-

ди рибницьких господарств передбачає видалення основних забруднень, що представлені переважно розчиненими та твердими метаболітами риб. На відміну від низькотехнологічних господарств з оборотним водопостачанням, де можна спостерігати часті випадки загибелі окремих риб, потрапляння у воду значної кількості пилоподібних залишків кормів [1], сучасні УЗВ характеризуються мінімальними втратами кормів при годівлі та поголів'я риб на основних стадіях вирощування. Відповідно традиційна технологія очищення оборотної води УЗВ передбачає видалення нерозчинених домішок у спорудах попереднього механічного очищення та очищення від небезпечного для риб амонійного Нітрогену шляхом нітрифікації з подальшою денітрифікацією. Низька ефективність даних процесів в умовах рибницьких господарств пояснюється багатьма факторами: витісненням нітробактерій з інертного завантаження біофільтра-нітрифікатора гетеротрофною мікробіотою, яка у конкурентній боротьбі за субстрат має ряд переваг перед нітрифікуючими бактеріями [2]; чутливість нітробактерій до таких параметрів як рН, вміст розчиненого кисню [3]; потреба у токсичному для риб зовнішньому джерелі Карбону [4; 5].

Оскільки в межах біофільтрів-нітрифікаторів практично неможливо здійснювати контроль розвитку тої чи іншої складової біоплівки, чи не єдиним раціональним рішенням для забезпечення стабільної нітрифікації є видалення з оборотної води основної частини органічних забруднень, що уповільнить темпи росту гетеротрофної мікробіоти. Таким чином, у процесі очищення води утворюється значна кількість відходів, зростають витрати на споруди механічного очищення, знижується ефективність очищення за розчиненими органічними речовинами [6]. Зазначені системні проблеми традиційної технології водоочищення обґрунтовують необхідність пошуку альтернативних варіантів, що забезпечать ефективне видалення основних забруднень з оборотної води УЗВ з метою підвищення коефіцієнту її повторного використання. Одним з прикладів раціональної конверсії сполук Нітрогену у біомасу харчової продукції, що відповідає базовим засадам сучасної концепції інтегрованої мультитрофічної аквакультури (ІМТА), є вирощування сільськогосподарських рослин у системі аквапоніки [7]. Інтегрована в УЗВ система аквапоніки дає можливість суттєво знизити витрати на видалення з оборотної води сполук Нітрогену, але одночасно потребує забезпечення сприятливих умов для культивування сільськогосподарських рослин.

Запропонований Гвоздяком П.І. прогресивний метод організації біотехнології очищення господарсько-побутових та промислових сті-

чних вод, що отримав назву біоконвеєра [8], може ефективно використовуватись при відновленні якості води рибницьких господарств. Передумовою цьому є склад основних забруднень, що фактично являють собою продукти обміну риб та незасвоєні ними залишки кормів.

**Метою даної роботи** є обґрунтування доцільності включення в процеси видалення забруднень оборотної води УЗВ гідробіонтів різних трофічних груп та розробка схеми біологічного очищення відповідно до базових принципів методу біоконвеєра.

**Результати досліджень.** Реалізація методу біоконвеєра при очищенні стічних вод дозволяє досягнути глибокого видалення забруднень за рахунок послідовної їх трансформації у розгалуженому трофічному ланцюгу очисних агентів. Можна очікувати, що кількість утворених у процесі очищення стічних вод відходів знизиться пропорційно кількості трофічних ланок, залучених до процесів деструкції забруднень. Якщо розглядати замкнутий рибницький контур з блоком відновлення якості води як штучну екосистему, об'єкти вирощування можуть відігравати роль останньої трофічної ланки у біоконвеєрі. Таким чином, реалізація даного методу забезпечить найбільш ефективну конверсію Нітрогену та Фосфору, що надійшли у воду у вигляді забруднень, у доступну для риб біомасу. Очевидно, що у такому разі ефективність використання кормів у господарстві суттєво підвищиться, а очищена вода набуде найвищих кондицій якості. Враховуючи, що забезпечення прямої трансформації забруднень (без розсіювання енергії в проміжних трофічних ланках) у доступну рибам біомасу є найраціональнішим шляхом, задачі щодо організації просторової сукцесії основних очисних агентів дещо зміняться. Реалізація надійної та ефективної біотехнології відновлення якості оборотної води на основі методу біоконвеєра має забезпечуватись у двох аспектах – біологічному та технічному. Попри те, що вони тісно пов'язані між собою і є взаємозалежними, необхідно відзначити, що при вирішенні даної задачі необхідно спочатку розробити біологічну складову, а потім забезпечити її реалізацію за допомогою відповідних технічних рішень.

Таким чином, при розробці схеми очищення за методом біоконвеєра необхідно зважати на три основні критерії: швидкі темпи метаболізму та пристосованість до умов забрудненої води УЗВ; можливість ефективного утримання і розмноження гідробіонтів у проточних біореакторах; висока кормова цінність.

Для втілення методу біоконвеєра у спорудах очищення оборот-

ної води необхідно здійснити кількісний та якісний аналіз її забруднень. Так, можна виділити три основні блоки: амонійний Нітроген, фосфати (N, P); розчинені органічні речовини (POP) та нерозчинені органічні речовини (NOP), що також містять Нітроген та Фосфор. На основі аналізу можливостей залучення окремих груп гідробіонтів до відновлення якості води, проведеного в аспекті видалення або трансформації кожного з блоків, було визначено найперспективніші види очисних агентів, що відносяться до водних вільноплаваючих рослин (ряскові) та безхребетних (черевоні молюски, олігохети та вищі ракоподібні) [9]. Таким чином, основна частина забруднень, представлених розчиненими сполуками Нітрогену та Фосфору, а також грубодисперсними органічними речовинами буде трансформована у доступну для споживання рибами біомасу без перетворень на проміжних трофічних ланках (рисунок). Розчинені органічні забруднення проходять ряд послідовних перетворень, які здійснюються у процесі метаболізму гетеротрофної мікробіоти біореакторів та представників безхребетних. Послідовність окремих етапів очищення від органічних забруднень оборотної води обумовлена метаболічними особливостями окремих груп очисних агентів, їх пристосованістю до складу води та можливістю використовувати в ролі поживного субстрату не лише продукти метаболізму риб, а й відходи, що утворюються безпосередньо в процесі відновлення якості води. Для очищення води замкнутої системи водопостачання УЗВ від сполук амонійного Нітрогену найраціональнішим способом буде такий, що забезпечить його трансформацію у біомасу рослин, тому у технологію очищення стічної води потрібно включити стадію біологічного очищення у фітореакторі, що, безумовно, буде відігравати ключову роль. Після видалення з води крупних нерозчинених домішок у сітчастому фільтрі необхідно забезпечити сорбцію та трансформацію дрібнодисперсних забруднень, які вкрай неефективно затримуються в спорудах механічного очищення при реалізації традиційної технології нітри-денітрифікації. У разі забезпечення умов для сорбції таких забруднень в межах біореактора, перший етап біологічної трансформації органічних сполук буде відбуватись завдяки гетеротрофній мікрофлорі.

Належні умови для ефективного використання у процесах очищення визначених груп гідробіонтів створюються у спорудах з відповідними конструктивними особливостями. Таким чином, в межах схеми біологічного очищення забезпечуються просторова суцесія очисних агентів та раціональна послідовність їх включення у деструкцію основних забруднень.

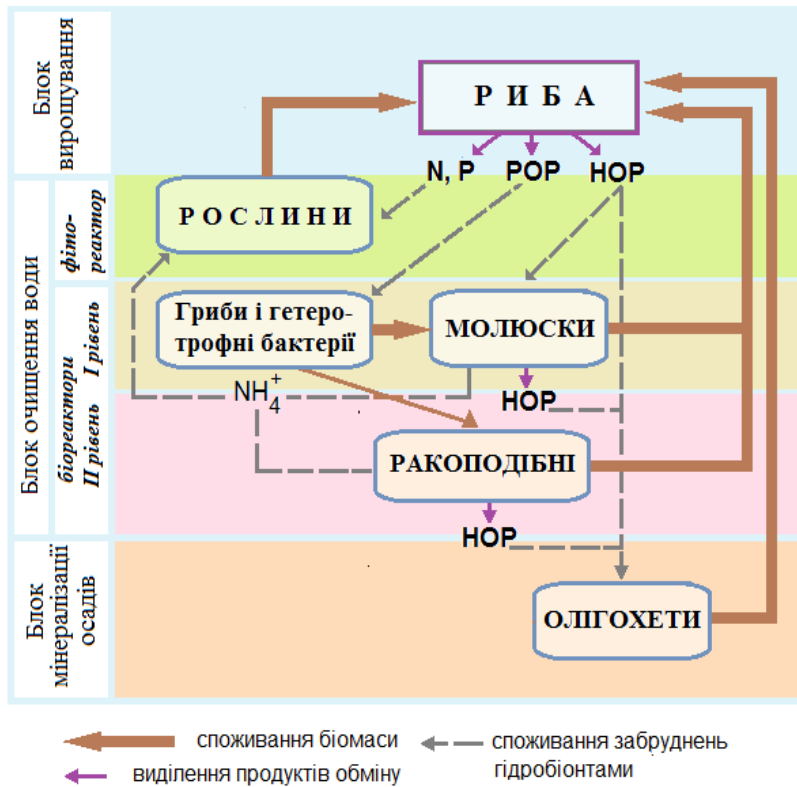


Рисунок. Включення гідробіонтів різних трофічних груп у процеси видалення та трансформації забруднень оборотної води

Оскільки основну кількість нерозчинених домішок, що надходять з рибницьких басейнів, мінералізують моллюски, виділяючи при цьому пропорційну кількість розчинених метаболітів, у схемі послідовності споруд багатостадійного біологічного очищення біореактор з даними очисними агентами має розташовуватись першим. Укрупнені та частково мінералізовані тверді відходи, основну частину з яких складають фекалії моллюсків, відводять на споруди для обробки осадів. Освітлена вода, у яку надійшла додаткова кількість амонійного Нітрогену та фосфатів, подається на очищення у фітореактор. У біореакторі II ступеня відбувається доочищення від дрібнодисперсних домішок та доочищення за розчиненими органічними сполуками. З метою ефективного зниження приросту гетеротрофної мікрофлори, при використанні комбінованої конструкції біореактора, разом з ракоподібними доцільно культивувати олігохет або червоногих моллюсків.

**Висновки.** Використання в процесах очищення оборотної води УЗВ від сполук Нітрогену вищих водних рослин, які мають кормову

цінність, відповідає основним засадам концепції інтегрованої мультитрофічної аквакультури та забезпечує ефективну конверсію у цінні органічні сполуки незасвоєних рибами компонентів комбікормів. Перевагами даного методу в порівнянні з системою аквапоніки є стабільна очисна потужність споруд та можливість безвідходного використання приросту фітомаси. Залучення червононогих молюсків, олігохет та вищих ракоподібних до процесів деструкції твердих забруднень оборотної води УЗВ дозволяє знизити кількість утворених відходів та забезпечити конверсію незасвоєних рибами цінних компонентів корму в біомасу безхребетних.

1. Проскуренко И. В. Замкнутые рыбоводные установки. ВНИРО. Москва, 2003. 152 с. 2. Michaud L., Blancheton J. P., Bruni V. and Piedrahita R. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquacultural Engineering*. 2006. 34. P. 224–233. 3. Villaverde S. Fdz-Polanco F., García P. A. Nitrifying biofilm acclimation to free ammonia in submerged biofilters, Start-up influence. *Water Res.* 2000. 34. P. 602–610. 4. Van Rijn J., Tal Y., Schreier H. J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. *Aquacult. Eng.* 2006. 34. P. 364–376. 5. Denitrification in aquaculture systems: an example of fuzzy logic control problem / Lee P. G., Lea R. N., Dohmann E., Prebilsky W. et al. *Aquacult. Eng.* 2000. 23. P. 37–59. 6. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production / Crab R., Avnimelech Y., Defoirdt T., Bossier P. et al. *Aquaculture*. 2007. 270. P. 1–14. 7. Turcios Ariel E., Papenbrock J. Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents – What Can We Learn from the Past for the Future? *Sustainability*. 2014. Vol. 6. P. 836–856. 8. П. І. Гвоздяк, Л. І. Глоба, Г. М. Дмитренко, Н. Ф. Могілевич. Біоконвеєр для відновлення якості води (Інф. бюл.) *Збереження, біорізноманіття й заповідна справа в Україні*. 2001. № 16. С. 16–17. 9. Саблій Л. А., Коренчук М. С., Кононцев С. В., Гроховська Ю. Р. Реалізація концепції системи інтегрованої мультитрофічної аквакультури у прісноводних рибницьких господарствах з замкнутим водопостачанням. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: Технічні науки. 2017. № 5. С. 89–93.

Рецензент: д.т.н., професор Саблій Л. А. (НТУУ КПІ)

---

**Konontsev S. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor**  
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

**IMPLEMENTATION OF BIOCONVEYOR METHOD IN CIRCULATING WATER  
TREATMENT OF FISH FARMS**

**Technologies for growing fish in RAS are improving; therefore development and implementation of effective schemes for circulating water treatment are relevant. The use of bioconveyor method in the biological treatment system was substantiated. Transformation schemes of major pollution by groups of water purification agents were proposed.**

**Keywords:** biological water treatment, RAS, bioconveyor method.

---

**Кононцев С. В., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА БИОКОНВЕЙЕРА ПРИ ОЧИСТКЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ РЫБОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ**

**Актуальность разработки и внедрения эффективных схем очистки оборотной воды УЗВ связана со стремительным развитием данного направления рыбоводства. В работе обоснована целесообразность реализации метода биоконвейера для очистки оборотной воды рыбоводческих хозяйств и предложены схемы трансформации основных загрязнений группами очистных агентов.**

**Ключевые слова:** биологическая очистка воды, УЗВ, метод биоконвейера.

---