

УДК 602.44: 628.3

## КОНВЕРСІЯ КОМПОНЕНТІВ КОРМУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ РИБНИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В УСТАНОВКАХ ІЗ ЗАМКНУТИМ ВОДОПОСТАЧАННЯМ

С. В. Кононцев\*, Л. А. Саблій\*\*, М. С. Коренчук\*\*\*

e-mail: akula13@ukr.net, larisasabliy@ukr.net; nikoleagle0@gmail.com

\*Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33018, Україна

\*\*Національний технічний університет України

\*\*\*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна

*Якість рибницької продукції, вирощеної в установках із замкнутим водопостачанням (УЗВ), формується під впливом показників води та якості використаних кормів. Пошуки більш ефективних технологій водоочищення у даній галузі пов'язані з необхідністю зниження поточних витрат на вирощування рибницької продукції та підвищення рівня її якості. Метою даної роботи є розробка схеми водоочищення із залученням груп кормових організмів, здатних використовувати характерні забруднення УЗВ як поживний субстрат. Такий підхід до процесів відновлення кондиції води відповідає принципам концепції інтегрованої мультитрофічної аквакультури (ІМТА). У роботі проведено аналіз ефективності залучення очисних організмів, що мають кормову цінність для риб, до процесів видалення та трансформації забруднень оборотної води УЗВ. Підбір гідробіонтів для сумісного культивування з рибами здійснено відповідно до аналізу процесів самоочищення природних водойм, особливостей біохімії та метаболізму окремих гідробіонтів. Досліджено потенційне навантаження на рециркуляційну систему за сполуками нітрогену та фосфору внаслідок внесення кормів у басейни. Обґрунтовано доцільність культивування в ролі очисних агентів представників водних рослин, червононогих молюсків, олігохет та вищих ракоподібних в очисних спорудах за розробленою технологією водоочищення. На основі експериментальних досліджень та аналітичних розрахунків визначено, що асимільований рясковими амонійний нітроген оборотної води УЗВ трансформується у біомасу рослин та забезпечує їх пропорційний приріст. Таким чином, основна частина розчинених метаболітів риб з форми забруднень переходить у доступні рибам білкові сполуки. В контурі біологічного очищення оборотної води розробленої біотехнології у біомасу кормових організмів може бути трансформовано до 50% нерозчинених відходів. При цьому, приріст біомаси молюсків може скласти 20–45% від загальної кількості нерозчинених органічних забруднень, що затримуються в аеробному біореакторі з інертним носієм. Виведені із замкнутого контуру водопостачання грубодисперсні забруднення можуть бути використані в якості поживного субстрату для водних олігохет. Такі процеси доцільно реалізувати у відкритих спорудах для стабілізації відходів.*

**Ключові слова:** продукція аквакультури, УЗВ, очищення води, кормові організми.

### Постановка проблеми

Забруднення більшості водних об'єктів планети та надмірний вилов призвели до падіння біопродуктивності водойм, окрім того, збільшення обсягів аквакультури природних водойм обмежене їх фізичними можливостями. Забезпечення зростаючої потреби людства у продукції аквакультури можливе лише за рахунок нарощування об'ємів виробництва інтенсивними методами у рециркуляційних системах [1, 2]. Установки із замкнутим водопостачанням (УЗВ) характеризуються найвищим рівнем автоматизації основних виробничих процесів та контролю за фізико-хімічними параметрами води. Мінімальна залежність таких господарств від джерел

водопостачання, високий рівень виходу продукції з одиниці виробничих площ відповідають найвищим критеріям щодо організації виробництва у рибництві та здатні задовольнити зростаючий попит на продукцію аквакультури. Окрім того, питомі обсяги спожитої води та утворених у процесі вирощування риб відходів на декілька порядків нижчі за аналогічні показники екстенсивних рибницьких господарств на базі природних та штучних водойм. Однією з головних проблем при вирощуванні рибницької продукції у системах із оборотним водопостачанням, є відновлення якості забрудненої води для можливості її повторного використання.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основними чинниками, що впливають на якість рибиної продукції, вирощеної в умовах УЗВ, є фізико-хімічні параметри води басейнів та склад кормів. Відповідно, низька ефективність очищення оборотної води УЗВ може призвести до суттєвого зниження якості продукції, адже для риб, як і для інших живих істот на Землі, власні продукти метаболізму є токсичними. Очевидно, що витрати, пов'язані з відновленням якості оборотної води, відобразяться на собівартості продукції УЗВ. У багатьох дослідженнях наголошено на пріоритетних завданнях у розробці та впровадженні ефективних технологій водоочищення [3–5], оскільки альтернативні варіанти вирішення даної проблеми шляхом розбавлення забрудненої води підживлювальною та зниження коефіцієнту рециркуляції не відповідають сучасним екологічним підходам, супроводжуються зростанням витрат на перекачування та терморегуляцію.

Традиційна технологія нітри-денітрифікації, застосування якої в УЗВ супроводжується низькою характерних проблем, давно стала предметом критики провідних спеціалістів у даній галузі [4, 6–8]. Сучасна концепція інтегрованої мультитрофічної аквакультури (ІМТА) являє собою один з найпрогресивніших екологічних підходів до утилізації відходів виробництва продукції аквакультури [9–11]. Вона передбачає залучення гідробіонтів, які мають харчову цінність, до процесів трансформації утворених у процесі вирощування риб забруднень. Таким чином, досягається не тільки зниження навантаження на природну екосистему, а й своєрідна конверсія цінних компонентів корму, незасвоєних рибами.

### Мета, завдання та методика досліджень

Метою даної роботи є аналіз ефективності залучення до процесів трансформації забруднень оборотної води УЗВ окремих видів гідробіонтів, що можуть культивуватись у спорудах та мають кормову цінність для риб, а також обґрунтування доцільності реалізації концепції ІМТА в умовах УЗВ.

Дослідження проводились на найбільш популярних об'єктах тепловодних УЗВ – кларієвому сомі (*Clarias gariepinus*, Burchell 1820) та тиліпії (*Oreochromis aureus*). Для годівлі

використовували спеціалізовані комбікорми торгівельної марки «Aller Aqua» вітчизняного виробника. Визначення потенційного навантаження на споруди біологічного очищення здійснено аналітичним методом та підтверджено результатами експериментальних досліджень. Перспективні гідробіонти для культивування в блоці очисних споруд в ролі кормових організмів були підібрані на основі аналізу ролі окремих груп у процесах самоочищення водойм та можливості ефективного згодовування їх біомаси риbam [12]. Кормовий потенціал досліджуваних гідробіонтів визначали на основі даних щодо вмісту за нітрогеном та доступності для риб в якості корму.

Для характеристики процесів, які відбуваються у процесі біологічної очистки води та перетворенні відходів у цінну біомасу кормових організмів, було виконано наступні завдання: проаналізовано біохімічний склад органічної речовини стічних (оборотних) вод УЗВ за даними наукових джерел; досліджено можливості її споживання кормовими організмами, які визначаються еколого-морфологічними особливостями, зокрема будовою шлунково-кишкового тракту; узагальнено фізіолого-біохімічні процеси в організмі очисних агентів, які пов'язані з очисткою води і утворенням біомаси.

### Результати досліджень

Відповідно до фазово-дисперсного стану нерозчинених забруднень оборотної води УЗВ, нами було розроблено технологію багатостадійного біологічного очищення, яка забезпечує поетапну трансформацію домішок у біомасу кормових організмів. Схема біологічного очищення включає фітореактор з рясковими для видалення основних розчинених забруднень (амонійного нітрогену та фосфатів), аеробні біореактори з інертним носієм, пристосовані до культивування представників водної фауни.

Процеси біологічного очищення оборотної води, що відбуваються у біореакторах, забезпечуються метаболічною активністю очисних агентів, які включені до схеми багатостадійного очищення. Відмінності у рівні організації та харчових потребах перспективних у ролі очисних агентів гідробіонтів зумовлюють доцільність розділення процесів очищення в окремих біореакторах. Також доцільність розділення окремих процесів пов'язана з тим,

що, поряд з видаленням продуктів метаболізму риб, у воду надходять і метаболіти очисних агентів, зокрема – амонійний нітроген, що також мають бути видалені з оборотної води. Водночас, з метою підвищення ефективності використання наявних площ, у разі відсутності конкурентних відносин між культивованими групами очисних агентів, окремі етапи очищення оборотної води можуть бути об'єднані. При залученні до процесів очищення оборотної води найбільш перспективних груп очисних агентів необхідно враховувати їх вимоги до умов культивування (табл.1). Відповідні конструктивні особливості будуть відрізняти між

собою біоценоз очисних споруд та основні процеси, що відбуватимуться у них.

Завдяки прямій асиміляції рясковими амонійного нітрогену, він може без проміжних перетворень бути трансформованим безпосередньо у біомасу рослин. Таким чином, найбільш токсичні для риб продукти метаболізму трансформують у доступну та поживну білкову біомасу. На нашу думку, такий варіант виглядає найбільш раціональним способом видалення з води даного забруднення, адже альтернативні технології вирощування продукції аквапоніки не завжди виявляються ефективними в умовах УЗВ.

Таблиця 1. Умови культивування основних груп очисних агентів

Очисний агент	Споруда	Вид інертного носія	Внесок у процеси очищення	Продукти метаболізму
Рослини	фітореактор гідропонна система	не потрібен	видалення розчинених метаболітів риб	кисень
Червоногі молюски	аеробний біореактор	волокнистий носій «вія» / пластикові полиці	мініралізація твердих забруднень	екскременти; амонійний нітроген; вуглекислота
Водні олігохети	затоплений біофільтр	керамзит	мініралізація органічної речовини	
Вищі ракоподібні	аеробний біореактор	волокнистий носій «вія»		

Навантаження за амонійним нітрогеном складається з рідких продуктів метаболізму риб та амонійного нітрогену, що виділяється у процесі мініралізації органічних сполук мікробіотою:

$$Load_{NH_4} = Load_{fish} + Load_{sol} + Load_{gas}, \quad (1)$$

де  $Load_{NH_4}$  – навантаження на очисні споруди за амонійним нітрогеном, г/доб;

$Load_{fish}$  – виділений рибами нітроген у формі аміаку/амоній-йону, г/доб;

$Load_{sol}$  – кількість амонійного нітрогену, що утворився внаслідок розкладу розчинених органічних сполук (амоніфікації) у біореакторах, г/доб;

$Load_{gas}$  – кількість амонійного нітрогену, що утворився внаслідок метаболізму червоногих молюсків, г/доб.

Відповідно до проведених аналітичних розрахунків, прогнозоване навантаження за амонійним нітрогеном буде визначатися за формулою:

$$Load_{NH_4} = 0,04 \cdot F, \quad (2)$$

де F – кількість внесеного корму (з середнім вмістом білків 45%), кг/доб.

Кількість амонійного нітрогену, що надійшла у рибицький контур, видаляється у процесі асиміляції рослинами. Відповідно до усереднених даних щодо хімічного складу ряскових, вміст нітрогену у сирій масі становить 4,8–6 г/кг. Таким чином, з кожного кілограму внесеного у басейни корму можна очікувати приріст біомаси ряскових на рівні 5,2–6,5 кг. Враховуючи, що середня норма годівлі товарної групи риб в УЗВ становить 2%, така кількість корму щодоби використовується для годівлі 50 кг риб. Таким чином, приріст біомаси ряскових може бути без обмежень згодований обом досліджуваним об'єктам УЗВ (табл. 2), що дозволить заощадити корми при вирощуванні рибицької продукції та суттєво знизити кількості утворених у процесі очищення води відходів.

Розчинені органічні забруднення можуть бути затримані у процесі сорбції на біоплівці аеробних біореакторів різних конструкцій та у подальшому мініралізовані гетеротрофною мікробіотою споруди. Завдяки активній сорбційній здатності в умовах біореактора можлива ефективна затримка дрібних домішок,

що мають погані седиментаційні властивості. Також у біореакторі відбуватиметься сорбція розчинених органічних сполук та трансформація їх у біомасу біоплівки. Відповідно, цільова група гідробіонтів, яка буде культивуватися з метою очищення оборотної води від нерозчинених домішок, опосередковано долучиться до трансформації розчинених сполук, а також стане чинником вторинного забруднення води

(виділення власних метаболітів). Поїдання приросту біомаси мікроорганізмів дасть можливість ефективно знижувати їх чисельність, трансформувати таку органічну речовину у доступні рибама кормові організми. Тому у біореакторі, де конструктивно передбачено розвиток біоплівки, має культивуватись мінімум одна група гідробіонтів вищого рівня організації.

Таблиця 2. Частка кормових організмів, вирощених у спорудах очищення оборотної води, у раціоні основних об'єктів УЗВ

Група риб	Ряска мала	Вольфія	Молюски	Креветки	Олігохети
<b>Кларієвий сом</b>					
Плідники	5–10 %	–	до 30%	–	–
Товарна група	5–20 %	–	до 30%	необм.	–
Молодь до 20 г	5–10%	10–20%	20–25%	необм.	–
Молодь до 4 г	–	5%	–	–	80–90%
<b>Тиляпії</b>					
Плідники	10-20%	–	необм.	–	–
Товарна група	5–15%	5–10%	необм.	–	–
Молодь до 10 г	5%	10%	До 50%	необм.	–
Молодь до 2 г	–	5%	–	–	необм.

У складі нерозчинених домішок оборотної води УЗВ потенційну цінність як поживні елементи для гідробіонтів нижчих рівнів організації можуть мати білки та амінокислоти, а також фосформістки органічні сполуки [4]. Основною задачею їх культивування в аспекті відновлення якості води УЗВ може бути підвищення рівня мінералізації затриманих часток, укрупнення часток та зменшення їх загальної кількості.

Потреба у визначенні співвідношення нерозчинених домішок різних розмірів у воді пов'язана із особливостями їх затримки в спорудах механічного очищення. Найкрупніші забруднення, що представлені фекаліями риб, лускою та слизом, здатні достатньо швидко осідати та можуть бути ефективно видалені у відстійниках різних конструкцій. Дрібнодисперсні забруднення, які складаються переважно із пилоподібних залишків кормів, фрагментів фекалій та агломерацій мікрофлори, характеризуються поганими седиментаційними властивостями. З огляду на низьку ефективність роботи барабанних фільтрів із дрібновічковою

сіткою та погані седиментаційні властивості таких забруднень, нами рекомендовано для попереднього механічного очищення оборотної води застосовувати сітчасті фільтри з розмірами вічка 150–200 мкм. При надходженні у них забрудненої води самопливом можна затримати 50–60% нерозчинених домішок. Основну частку таких домішок будуть складати фекалії риб та фрагменти слизу. Подача у затоплений біофільтр відокремленої від потоку оборотної води концентрованої суміші дозволить підвищити зольність нерозчинених відходів до 40–50% та знизити їх об'єм у 2–2,5 раза. Основну роль у мінералізації нерозчинених відходів в затопленому біофільтрі відіграватимуть представники олігохет – трубочник звичайний. Видалення дрібнодисперсних домішок, що не затримуються у сітчастому фільтрі, за допомогою інших способів механічного очищення, буде характеризуватися низькою ефективністю та значними енерговитратами. З огляду на це у технології очищення передбачена їх трансформація у комплексі інтегрованих з УЗВ біореакторів.

Визначення потенційного навантаження за дрібнодисперсними органічними забрудненнями на споруди біологічного очищення оборотної води дозволить забезпечувати їх трансформацію у кормову біомасу пропорційною масою очисних агентів [13].

Попри те що найвищою кормовою цінністю серед зазначених очисних організмів характеризуються олігохети, можливість трансформації основної частини органічних забруднень у приріст їх біомаси в очисних спорудах УЗВ є вкрай обмеженою. Здебільшого це пояснюється особливостями культивування водних олігохет та гідравлічним режимом рециркуляційних систем. Більш ефективними деструкторами органічної речовини в даних

умовах виявляються червононогі моллюски, здатні добре розвиватись у аеробних біореакторах з інертним носієм. Відповідно, основна частина нерозчинених забруднень у процесі очищення трансформується у біомасу моллюсків. Головна роль олігохет за такою схемою, полягає у мінералізації утворених у процесі очищення основного потоку відходів та видалених механічними методами грубодисперсних забруднень.

Аналіз нерівномірності розмірних характеристик твердих забруднень УЗВ показав, що видалення грубодисперсних домішок у процесі проціджування на сітчастому фільтрі забезпечить видалення близько 60% нерозчинених забруднень (табл. 3).

Таблиця 3. Співвідношення різних фракцій нерозчинених забруднень УЗВ

Матеріал	Розмір вічка	Кількість затриманих домішок, мг		Частка від загальної кількості, %	
		сом	тиляпія	сом	тиляпія
Металева сітка	1,5x1,5 мм	66	45	63	58
Тканина	100 мкм	23	17	22	22
Тканина	60 мкм	10	12	10	15
Тканина	20 мкм	5	4	5	5
Разом		104	78	100	100

Приріст біомаси моллюсків визначатиметься кількістю нерозчинених домішок, що затримуються у біореакторі I ступеня та приростом біоплівки біореактора. Кількість нерозчинених відходів, що надходить у воду рибницьких басейнів, при раціональній організації процесу годівлі риб буде прямо пропорційно залежати від кількості внесених кормів та їх вмісту. Залежно від об'єкта вирощування, з одного кілограму згодованого корму у вигляді твердих забруднень надійде 500–700 г відходів (переважно – фекалій риб). Відповідно до результатів попередніх експериментальних досліджень нами встановлено, що досліджувані види моллюсків у процесі споживання утвореного детриту забезпечують приріст біомаси на рівні 20–45% залежно від структури домішок та температури води. Отже, для тепловодних УЗВ внесення кожного кілограму корму потенційно може забезпечити приріст біомаси моллюсків на рівні 100-250 г сирі маси. Як видно з таблиці 2, можливість ефективного згодовування їх біомаси значно перевищує прогнозований приріст. Тому дана група очисних агентів може без обмежень

культивуватись у біореакторах для очищення оборотної води УЗВ. У разі, якщо близько 60% грубодисперсних домішок будуть затримані на сітчастому фільтрі та відокремлені від основного потоку оборотної води, пропорційну кількість у прирості живої біомаси очисних агентів можуть скласти водні олігохети. Потенційні можливості щодо обсягів їх згодовування також значно перевищують прогнозований приріст біомаси у процесі очищення, тому технологія відновлення якості води буде характеризуватись мінімальною кількістю твердих відходів.

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

Реалізація концепції інтегрованої мультитрофічної аквакультури в умовах УЗВ дозволяє забезпечити конверсію незасвоєних рибами компонентів кормів та знизити потреби господарства у кормах на 10–15%. Розроблена технологія характеризується екологічною чистотою та надійністю, не потребує реагентів, що позитивно відображається на якості рибницької продукції. Розчинені сполуки нітрогену та фосфору в процесі очищення

трансформуються у біомасу ряскових, нерозчинені домішки переважно мінералізуються червоногими молюсками, приріст яких становить основу приросту біомаси біореакторів.

Особливості фазово-дисперсного стану нерозчинених забруднень зумовлюють доцільність у поетапній трансформації таких забруднень із залученням червоногих молюсків, водних олігохет та вищих ракоподібних. Найбільш токсичні для риб метаболіти у вигляді амонійного нітрогену можуть практично повністю бути трансформовані у біомасу ряскових, які є поживним кормом для більшості тепловодних об'єктів УЗВ.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою методів утилізації утворених при вирощуванні риб відходів, що відповідають сучасним екологічним вимогам та характеризуються економічною ефективністю.

### References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e01.pdf>
2. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T. & Vinci, B. J. (2001). *Recirculating Aquaculture Systems*. New York, NY: Cayuga Aqua Ventures.
3. Turcios, A. & Papenbrock, J. (2014). Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents – What Can We Learn from the Past for the Future? *Sustainability*, 6, 836–856.
4. Martins, C., Eding, E., Verdegem, M., Heinsbroek, L., Schneider, O., Blanchetond, J., ... Verreth, J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacult. Eng.*, 43 (3), 83–93.
5. Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270, 1–14.
6. Rijn, J. & Rivera, G. (1990). Aerobic and anaerobic biofiltration in an aquaculture unit-nitrite accumulation as a result of nitrification and denitrification. *Aquacult. Eng.*, 9, 217–234.
7. Michaud, L., Blancheton, J. P., Bruni, V. & Piedrahita, R. (2006). Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquacult. Eng.*, 34, 224–233.
8. Rijn, J., Tal, Y. & Schreier, H. (2006). Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. *Aquacult. Eng.*, 34, 364–376. doi:10.1016/j.aquaeng.2005.04.004
9. Neori, A., Ragg, N. & Shpigel, M. (1998). The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. *Aquacult. Eng.*, 15, 215–239.
10. Waller, U., Buhmann, A. K. & Ernst, A. (2015). Integrated multi-trophic aquaculture in a zero-exchange recirculation aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production. *Aquaculture International*, 23 (6), 1473–1489.
11. Marton, E. (2008). Polycultures of fishes in aquaponics and recirculating aquaculture. *Aquaponics J.*, 48, 28–33.
12. Hrokhovska, Yu. R. (2007). Intensyvni ta ekstensyvni biotekhnologii vidnovlennia yakosti pryrodnykh ta stichnykh vod [Intensive and extensive biotechnologies for the recovery of natural and sewage quality]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky*, 4 (40), 52–58 [in Ukrainian].
13. Konontsev, S. V. & Sablii, L. A. (2016). Biologichna tekhnologhiia mineralizatsii osadiv rybnytskykh hospodarstv industrialnoho typu [Biological technology of sediment mineralization of fish farms of industrial type]. *Ekologhiia. Liudyna. Suspilstvo : materialy XIX Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konferentsii* (pp. 97–98). Kyiv [in Ukrainian].

### CONVERSION OF FORAGE COMPONENTS AT REARING IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS

**S. Konontsev\*, L. Sabliy\*\*, M. Korenchuk\*\*\***  
e-mail: [akula13@ukr.net](mailto:akula13@ukr.net), [larisasabliy@ukr.net](mailto:larisasabliy@ukr.net); [nikoleagle0@gmail.com](mailto:nikoleagle0@gmail.com)

\*National University of Water Management and Nature Resources Use

11, Soborna St., Rivne city, Ukraine, 33018

\*\*National Technical University of Ukraine

\*\*\*«Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

37, Prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056

*The quality of fishery products grown in recirculating aquaculture systems (RAS) is formed under the influence of water quality indicators and quality of forage. The search for more effective*

water treatment technologies in this field is related to the need to reduce the growing current costs of fish products and raising their quality. The purpose of the research is to develop a purification scheme that involving groups of forage organisms which are able to use typical pollution in RAS as a nutrient substrate. This approach to the restoration of water composition corresponds to the principles of the concept of integrated multitrophic aquaculture (IMTA). Efficiency analysis of the treatment organisms usage to the processes of removal and transformation of pollution in RAS was carried out, that have feed value for fish. Selection of aquatic organisms for the combined cultivation with fish was carried out based on the analysis of self-purification processes of natural water, biochemical and metabolic features of certain aquatic organisms. The potential load on the recirculation system by compounds of nitrogen and phosphorus has been investigated as a result of forage insertion. The cultivation expediency of aquatic plants, stomach molluscs, oligochaetes and higher crustaceans is substantiated as cleansing agents representatives in water treatments facilities based on the developed technology. It is determined that the RAS reclaimed ammonium nitrogen is assimilated into the biomass of plants, which is transformed into their proportional growth, on the basis of experimental studies and analytical calculations. Thus, the bulk of the dissolved fish metabolites from the form of contamination passes into protein-accessible protein compounds available to fish. undissolved waste can be transformed into feed biomass organism up to 50% of undissolved waste In the biological treatment of recycled water by developed biotechnology. In this case, the increase in the biomass of mollusks may amount to 20-45% of the total amount of undissolved organic contaminants trapped in an aerobic bioreactor with an inert carrier. Large-dispersed contaminants derived from the closed water circuit can be used as a nutrient substrate for aquatic oligochaetes. Such processes are advisable to be carried out in open structures for the stabilization of waste.

**Keywords:-** aquaculture production, RAS, water treatments, forage organism.

## КОНВЕРСИЯ КОМПОНЕНТОВ КОРМА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСТАНОВКАХ С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ

С. В. Кононцев\*, Л. А. Саблий\*\*,  
М. С. Коренчук\*\*\*

e-mail: akula13@ukr.net, larisasabliy@ukr.net;  
nikoleagle0@gmail.com

\*Национальный университет водного хозяйства  
и природопользования

ул. Соборная, 11, г. Ровно, 33018, Украина

\*\*Национальный технический  
университет Украины

\*\*\*«Киевский политехнический институт имени  
Игоря Сикорского»

Проспект Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина

Качество рыбной продукции, выращенной в установках с замкнутым водоснабжением (УЗВ), формируется под влиянием показателей воды и качества использованных кормов. Поиски более эффективных технологий водоочистки в данной области связаны с необходимостью снижения поточных затрат на выращивание продукции рыбоводства и повышения уровня ее качества. Целью данной работы является разработка схемы водоочистки с привлечением групп кормовых организмов, способных использовать характерные загрязнения УЗВ в качестве питательного субстрата. Такой подход к процессам восстановления кондиций воды соответствует принципам концепции интегрированной мультитрофической аквакультуры (ИМТА). В работе проведен анализ эффективности привлечения очистных организмов, имеющих кормовую ценность для рыб, в процессы удаления и трансформации загрязнений оборотной воды УЗВ. Подбор гидробионтов для совместного культивирования с рыбами осуществляли исходя их анализа процессов самоочищения природных водоемов, особенностей биохимии и метаболизма отдельных гидробионтов. Исследована потенциальная нагрузка на рециркуляционную систему по соединениям азота и фосфора в результате внесения кормов в бассейны. Обоснована целесообразность культивирования в роли очистных агентов представителей водных растений, брюхоногих моллюсков, олигохет и высших ракообразных в очистных сооружениях разработанной технологии водоочистки. На основе экспериментальных исследований и аналитических расчётов

определено, что ассимилированный рясковыми аммонийный азот оборотной воды УЗВ трансформируется в биомассу растений, обеспечивая их пропорциональный рост. Таким образом, основная часть растворённых метаболитов рыб из формы загрязнений переходит в доступные рыбам белковые соединения. В контуре биологической очистки оборотной воды разработанной биотехнологии в биомассу кормовых организмов может быть трансформировано до 50% нерастворённых отходов. При этом, прирост биомассы моллюсков может составить 20–45% от общего количества нерастворённых органических загрязнений, задержанных в

аэробном биореакторе с инертным носителем. Выведенные из замкнутого контура водоснабжения крупнодисперсные загрязнения могут быть использованы в качестве питательного субстрата для водных олигохет. Такие процессы целесообразно осуществлять в открытых сооружениях для стабилизации отходов.

**Ключевые слова:** продукция аквакультуры, УЗВ, очистка воды, кормовые организмы.