

УДК:619: 639.2.09; 639.3.09

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2019.2.5>

АНАЛІЗ ГІДРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНДУСТРІАЛЬНИХ АКВАФЕРМ ЗА ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Гриневич Н.Є. – д.вет.н., доцент,

Хом'як О.А. – к.с.-г.н., доцент,

Присяжнюк Н.М. – к.вет.н., доцент,

Михальський О.Р. – ст. викладач,

Білоцерківський національний аграрний університет,

ihziozoolog@ukr.net

Сучасні технології вирощування форелі, осетрових, тилапії, пенгасіуса та інших гідробіонтів є складним багатограним процесом, до якого залучені ряд чинників: риба і мікрофлора біофільтра, а об'єднувальною ланкою слугує вода. Важливе значення для вирощування риби має температура води, рН, вміст хімічних елементів і солей.

Впродовж всього вегетаційного періоду температура води в басейнах дослідного господарства коливалась у межах 6,6–14,3°C. Ці температури входять до загальноприйнятого діапазону оптимальних температур 7–18°C, за якого апетит райдужної форелі є найкращим. Поза цим діапазоном риба втрачає апетит, а в разі досягнення критичних відміток взагалі не харчується. Між інтенсивністю живлення і ефективністю використання спожитого корму існує пряма залежність.

Запах води досліджували в двох термічних режимах – за температури 20 та 60°C. Суттєвих відмінностей за запахом у воді з різними температурами не виявили.

Низькі рівні рН знижують ефективність біофільтрації, а високий показник рН спричиняє токсичний ефект, тому важливо регулювати рН відповідно до ефективності біофільтра. На різних стадіях розвитку райдужна форель неоднаково реагує на несприятливі значення рН. Оптимальні і допустимі діапазони рН води для різних вікових груп вирощування також різняться. Найбільш сприятливою для розвитку райдужної форелі є вода середньої жорсткості.

Упродовж періоду досліджень уміст хлоридів у воді кожного разу не перевищував нормативних значень. Однак для цього показника також була характерна сезонна динаміка. У березні кількість хлоридів була на рівні 540 мг/дм³, жовтневий показник збільшився в 1,24 раза, а в грудні знову зменшився, практично до березневого значення. Кількість сульфатів у всіх досліджених пробах не перевищувала ГДК і була в середньому в 5 разів менша.

Уміст загального заліза не перевищувало нормативне. Саме показник вмісту заліза ключовим для систем замкнутого водопостачання, що вказує у подальшому на виживаність молоді в установках. Підвищення умісту заліза в воді небезпечно для риби, оскільки гідроксид заліза може осаджуватись на їх зябрових пелюстках і погіршувати дихання та йонний обмін. Істотно зростає також уразливість організму до захворювань.

Ключові слова: вода, аквакультура, біофільтр, аквасистема, біоплівка, риба, нітрати, нітрити, хлориди.

Постановка проблеми. Вирощування риби в УЗВ, незважаючи на високі витрати на їх створення та експлуатацію, належить до інтенсивної технології у промисловому рибництві. Виправданим в економічному сенсі є використання таких видів риби, ціна на кінцеву продукцію яких дає змогу окупити вкладення в будівництво установки і витрати на її функціонування. Ще одним важливим чинником є швидкість росту риби, відтак, її собівартість. Перехід рибницького підприємства від дво- чи трирічного циклу вирощування риби до однорічного дасть змогу значно скоротити термін окупності коштів, вкладених у розбудову господарства [8].

Важливим є також виживання риби на всіх етапах вирощування та її невибагливість до утримання, умов санітарії тощо. Моніторинг вітчизняних господарств, що вирощують рибу за цією технологією, показує її ефективність, особливо у разі вирощування цінних видів риби у центральних та східних областях України [7, 16].

Для реалізації мети необхідно було вирішити наступне завдання: провести санітарно-гігієнічне оцінювання води за органолептичними, гідрохімічними та мікробіологічними показниками в установках замкнутого водопостачання за вирощування райдужної форелі упродовж року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зростання потреби людства у рибницькій продукції на фоні одночасного виснаження природних запасів водою внаслідок різних факторів антропогенного навантаження стало причиною стрімкого розвитку інтенсивних методів вирощування риби у штучно створених умовах.

Технології інтенсивного вирощування риби у системах з оборотним водопостачанням за механічного та біологічного очищення є найефективнішим поміж інших напрямків сучасної аквакультури.

Значна увага приділяється механічному та біологічному фільтруванню води у роботі рециркуляційної системи.

Ця технологія базується на застосуванні механічних та біологічних фільтрів і може використовуватись для вирощування різних об'єктів аквакультури: риби, креветок, двостулкових молюсків та ін. Однак рециркуляційні технології застосовуються, головним чином, у рибництві [4, 18]. Практика діяльності українських індустріальних рибницьких господарств показує, що такі технології використовують для вирощування осетрових, лососевих і сомових.

Механічний фільтр не спроможний затримати всі органічні речовини, крізь нього проходять найдрібніші частинки, а також розчинені неорганічні сполуки, зокрема, фосфатні та азотні. Фосфати зазвичай є інертними речовинами без токсичних властивостей, тимчасом азот у формі вільного амоніаку є досить токсичним, однак завдяки мікроорганізмам біофільтру він перетворюється у нешкідливий нітрат [2, 5].

Для досягнення бажаної швидкості нітрифікації температура води в УЗВ повинна бути в межах 10-35°C, а рівень рН – від 7 до 8 [5, 6]. Температура води залежить від виду риби, що вирощується, і встановлюється такою, щоб забезпечити оптимальні рівні росту риби, а не бажану швидкість нітрифікації.

З огляду на те, що низькі рівні рН знижують ефективність біофільтрації [6], а високий показник рН спричиняє поступове наростання кількості NH_3 , що збільшує токсичний ефект [7], важливо регулювати рН відповідно до ефективності біофільтра. Рекомендована межа рН для холодноводних рибних господарств знаходиться між 7,0 та 7,5.

Амоніак токсичний для риби, коли його кількість перевищує 0,02 мг/л води. Хоча низькі значення рН мінімізують небезпеку перевищення токсичного рівня амоніаку, для більш ефективної роботи біофільтра рибоводам рекомендують досягти рівня рН щонайменше 7 [2, 16].

Нітрити (NO_2^-), які утворюються в процесі нітрифікації, токсичні для риби, коли рівень вище 2 мг/л. Ознакою нітратного отруєння риби, що вирощується у замкнутій системі, є підняття на поверхню і заковтування повітря (така клінічна картина характерна в основному для лососевих), незважаючи на достатню концентрацію кисню. За високих концентрацій нітрити через зябра потрапляють у кров, що перешкоджає поглинанню кисню.

Нітрати – кінцевий продукт процесу нітрифікації, і хоча вважаються нешкідливими, їх великі кількості (більш ніж 100 мг/л) негативно позначаються на рості і розвитку риби та ефективності годівлі [6, 11, 12].

За мінімальної подачі свіжої води в замкнуту систему нітрати накопичуються і можуть досягти дуже високих рівнів (200-300 мг/л). Для запобігання їх акумуляції слід збільшити додавання свіжої води, що сприятиме зменшенню концентрації цих сполук до безпечного рівня [16, 18]. Тимчасом рециркуляційні системи спрямовані передусім на економію води. У таких випадках зниження нітратів можна досягти денітрифікацією. В індустріальних умовах споживання води, що перевищує 300 л на кілограм використаного корму, денітрифікацію слід розглядати як обов'язкову операцію [15].

Денітрифікація буває двох типів – асиміляторна і дисиміляторна. За асиміляторної денітрифікації нітрати відновлюються до амоніаку, який використовується як джерело азоту для побудови тіла мікроорганізмів. За дисиміляторної денітрифікації нітрати використовуються як окиснювачі органічних речовин замість молекулярного кисню, що забезпечує мікроорганізми необхідною енергією. Здатність до дисиміляторної денітрифікації мають тільки специфічні аеробні бактерії. Найпоширеніші денітрифікуючі мікроорганізми – бактерії роду *Pseudomonas*. До них належить велика

гетерогенна група широко розповсюджених у біосфері мікроорганізмів, загальнобіологічна роль яких реалізується передусім у процесах мінералізації органічних сполук. Відтак, у процесі денітрифікації азот із води видаляється в атмосферу, тим самим знижуючи навантаження азоту на середовище існування риби [9]. Для процесу денітрифікації необхідне джерело органіки (вуглекислота). З цією метою у денітрифікаційну камеру додають метанол. Зазвичай денітрифікація кожного кілограма нітрату потребує 2,5 кг метанолу. У денітрифікаційну камеру вносять наповнювач для біофільтрації, проектний час перебування якого становить 2-4 год [16, 17].

Практика показує, що дуже часто нітритне отруєння риби діагностують як епізоотію. Для виключення останньої проводять бактеріологічні дослідження, які потребують певного часу, що перешкоджає вчасному виведенню риби із стану отруєння. З огляду на зазначене вище, у господарствах, що працюють за технологією замкнутого циклу водопостачання, рекомендують проводити щоденний моніторинг параметрів води [3, 19].

Сукупність методів біологічного очищення стічних вод у штучних умовах за розміщенням у них активної біомаси поділяють на три групи: активна біомаса: біоплівка, що закріплюється як на рухомому так і нерухомому матеріалі, а стічна вода тонким шаром рухається на матеріалі завантаження; активна біомаса (активний мул) знаходиться у воді у вільному (завислому) стані; розміщення біомаси здійснюється за першими варіантами [11]. До першої групи споруд належать біофільтри, до другої – аеротенки, окситенки та циркуляційні окисні канали, до третьої – біотенки, аеротенки із заповнювачами, занурені біофільтри.

В індустріальній аквакультурі до реакторів, в яких відбувається біологічне очищення використаної води у штучних умовах із застосуванням біоплівки, належать біофільтри. Стічна вода розбризкується спеціальними пристроями зверху по всій поверхні завантаження біофільтра. Стікаючи вниз, вода омиває біоплівку і збирається у піддоні реактора, звідки насосом багаторазово повертається до повторного розбризкування. Так відбувається її рециркуляція. Для забезпечення біоплівки киснем у нижню частину реактора через вікна за допомогою вентилятора нагнітають повітря. Для запобігання замерзання води у холодну пору року, реактори розміщують у приміщенні або укомплектовують вентиляційними системами [2].

За типом завантаження біофільтри поділяють на дві категорії: з об'ємним і плоским завантаженням. Плоске завантаження також займає певний об'єм, але воно значно менше. Як матеріали для об'ємного завантаження використовують гравій, керамзит, пластмасу, шлак. Питома поверхня об'ємного завантаження становить від 70 до 300 м²/м³. Пропускна здатність біофільтра визначається площею поверхні біоплівки та

доступом кисню до неї. Що більша поверхня і що краще надходить кисень до неї, то вища пропускна здатність біофільтра.

Стійке зростання обсягів продукції рибництва, вирощеної у аквасистемах з рециркуляцією, зумовлює актуальність питання очищення забрудненої води для можливості її повторного використання [14].

Рециркуляційна аквакультурна система (РАС) – це технологія вирощування риб або інших водних біоресурсів з повторним використанням води. При наявності необхідних ресурсів будь-який вид риби, що культивується в ставковій чи в садковій аквакультурі, може вирощуватись в РАС.

Економічно вирощування в РАС менш вигідно в порівнянні з іншими типами господарств, оскільки такі системи дороговартісні в будівництві та в обслуговуванні; що в свою чергу призводить до зростання собівартості вирощеної продукції. Проте в різних країнах світу спостерігається зростання зацікавленості в цьому напрямку аквакультури. Це можна пояснити певними перевагами у порівнянні з іншими типами аквакультури.

Експлуатація подібної системи дозволяє здійснювати вирощування безперервно та незалежно від природно-кліматичних умов. Завдяки цьому з'являється можливість вирощування практично будь-яких видів гідробіонтів у всіх кліматичних зонах світу [2, 4, 10].

Перевагою РАС є виключення впливу зовнішніх чинників, в той час як в традиційному рибництві виробництво рибопродукції повністю залежить від зовнішніх природних умов (температури, вмісту кисню, наявності органічних речовин та інше). Рециркуляція дозволяє повністю здійснювати контроль за всіма виробничими параметрами (температурою, рівнем кисню, освітленням, рН), і навички в управлінні РАС стають не менш важливими, ніж здатність до догляду за рибою. Оптимізація та контроль за абіотичними факторами середовища існування об'єктів аквакультури в РАС мінімізує появу стресових явищ та сприяє кращому росту гідробіонтів, дозволяє скоротити час вирощування, дозрівання плідників і формування маточних стад, цілий рік отримувати життєздатну молодь і великий рибопосадковий матеріал. Все це в результаті забезпечує постійний і передбачуваний ріст, що дозволяє точно прогнозувати, коли риба досягне певного етапу розвитку або розміру. Найважливішою перевагою цього є можливість складання виробничого плану і прогнозування часу, коли риба буде готова до реалізації. Це сприятливо впливає на загальне управління господарством та підвищує його конкурентоспроможність [12, 13].

Розглядаючи технологічну складову індустріальних акваферм за замкнутого водопостачання та всупереч всім зусиллям по стандартизації, кожна установка повинна обов'язково розглядатися з урахуванням специфічних місцевих і ринкових умов. Тому наполегливо рекомендується детальний аналіз місцевих умов, маркетингові кроки та менеджмент.

На підставі багаторічного досвіду роботи значна частина компаній-проектантів УЗВ нині пропонують цілковито нову виробничо-технічну концепцію. Новітність поєднує в собі інноваційні та добре зарекомендовані складові елементи та сучасні європейські методики в оптимальному поєднанні. Первинні технічні слабкі позиції, поступово повністю замінюються абсолютно новими підходами до повноцінної роботи систем замкнутого водопостачання.

За категоріями осучаснення системи замкнутого водопостачання класифікуються: рециркуляційні системи РАС-1 – пілотні установки, досвідчені установки, малі установки; рециркуляційні системи виробничі установки з мікрофлотацією; рециркуляційні системи РАС-1 – спеціальні установки [2].

Малі установки проектантами індустріальних замкнутих систем модельного ряду РАС-1 представлені у вигляді комплектних установок, що включають всі необхідні для роботи стандартні технічні компоненти. Установки вільно монтуються і можуть, в будь-який час, демонтуватися і потім знову встановлюватися в іншому місці. Зазвичай ці установки використовують з метою ознайомлення з технологією монтування основних складових системи для вирощування гідробіонтів та очищення води; експозиційні чи навчальні установки використовують зазвичай у декоративній аквакультурі. За цих умов задіяна незначна кількість води. Особливої уваги приділяють пілотним установкам: в Україні такі використані для вирощування нільської тилапії та пенгасіуса.

Замовники, що не мають досвіду роботи, але виявили бажання працювати з цими установками повинні спочатку використовувати РАС-1-систему не для «складних видів риби», а накопичувати свій досвід на невибагливих видах на які не дуже сильно впливають ті чи інші виробничі помилки. Саме тому виробниками рекомендується спочатку відпрацювати використання цих установок на таких видах риби як, наприклад, тилапія, сом і короп. Критерієм виробничої потужності установки є максимально точне одночасне утримання риби за певних добових норм годівлі, так як цей показник дає головну і об'єктивну інформацію про виробничу потужність. Величина річного виробництва залежить також від виду риби, від початкової і кінцевої ваги, від якості корму, від температури води і багатьох інших факторів, які в цілому роблять складним точне прогнозування річної потужності УЗВ, також не можна недооцінювати і вплив керівництва підприємства (менеджмент) [16].

Технічна експлуатація РАС-1 вимагає спеціальних знань. Водночас установки спроектовані таким чином, щоб вони легкі в обслуговуванні та управлінні. Встановлення проектів проходить із детальною документацією та інструкціями з експлуатації.

Основними стандартні компоненти системами вважаються: басейни з нешкідливого для харчових продуктів поліетилену (ПЕ), з подвійною системою стоку і підставкою; ділянка механічної та біологічної фільтрації; прямок з насосною енергозберігаючою системою, система водовідведення; повітреподаючі системи аерації; УФ-установка (за потреби); стандартна система контролю кисню, температури і витрат води; електронний контроль температури води, озонна установка, введення чистого кисню, система годування.

Установки другого типу відкривають системний ряд для промислового виробництва риби. RAS-2-системи містять, наряду зі звичайними складовими елементами, що застосовуються в сучасних установках замкнутого водопостачання, також додаткові принципи і технічні складові елементи, які перевершують відомі стандарти і відкривають абсолютно нові можливості і перспективи за рівнем якості і поліпшення якості використовуваної води – нові параметри технології систем замкнутого водопостачання. RAS-2-установки мають модульну конструкцію, щоб звести до мінімуму ризику і можливості епізоотії. Кожен модуль може працювати автономно, незалежно від інших модулів. Загальні технічні системи, наприклад, забезпечення киснем або система управління / контролю, встановлюються в будівлі централізовано.

Модульна конструкція дозволяє в будь-який час розширити установку, додаючи інші інкубаційні і нагульні модулі [2].

Підвищений вміст твердих нерозчинних частинок у виробничій воді з вирощування гідробіонтів має прямий, в основному негативний вплив на загальні процеси всередині системи з замкнутим водопостачанням. Тому швидке і, по можливості, повне видалення твердих частинок має головний пріоритет в концепції установки. Так як в інтенсивній установці із замкнутим водопостачанням переважає фракція твердих частинок розміром менше 35 мікрон, то механічного очищення (фільтрування) недостатньо, що відображається як ключовий фактор за іншими процесами водопідготовки. Саме тому у модульних конструкціях доцільно для видалення осілих і відфільтрованих речовин застосовувати новітні елементи флоатації.

Для технології мікрофлоатації характерно багато переваг, що усувають майже всі проблеми, які зустрічалися досі під час використання, наприклад, механічного фільтрування. Таким чином, мікрофлоатація може використовуватися безперервно, навіть під час технічної потреби зміни кількості поступаючої води і утримання твердих частинок. Необхідності у промиванні зворотним током води немає – забруднення відсутнє. Установки працюють практично без збоїв і технічного обслуговування.

Сьогодні можна вважати, що технологія відловлювання завислих речовин в установках замкнутого водопостачання за допомогою механіч-

ної фільтруючої системи діапазоні 30-100 мікрон є застарілою та недосконалою. За високих щільностей посадки і максимальним виходом продукції з одиниці площі чи об'єму варто впроваджувати у виробництво технологію мікрофлотації дозволяє відокремити майже 100% всіх осілих і відфільтрованих часток в діапазоні 1–5 мікрон [1, 4, 15].

РАС установки, другого типу, які обладнані з одним або декількома реакторами біофільтра, що складається з спеціально відформованих пластмасових деталей (біофільтруючий матеріал, наповнювач біофільтра), який знаходиться всередині басейну або реактора в завислому стані і підтримується в обертальному русі.

Використана, забруднена вода подається в реактор, і органічні речовини розкладаються за допомогою біоплівки, яка формується на біоматреці всередині захищеної структури наповнювача (прим. 500 м²/м³). Варто використовувати наповнювачі перевагою яких є відносно висока щільність біологічної активності на м³, мала необхідна висота подачі води, неперервність процесу очищення і надзвичайно висока безпека роботи.

Всі басейни РАС систем виконані з подвійною стічної системою для роздільного відведення забрудненої і чистої води. Тільки 5–20% водної маси з великою кількістю забруднення піддаються інтенсивній технологічній очистці. Решту 80–95% – це так звана умовно чиста вода, відводиться безпосередньо назад в систему. В залежності від вимог, є на вибір різні матеріали для басейнів і конструкцій [15].

Переваги замкнених систем водопостачання в аквакультурі – очевидні. Це: – зменшення або повне припинення скидання забруднених стічних вод; – спрощення утилізації продуктів життєдіяльності риб; – раціональне використання водних, земельних і людських ресурсів; – повна керованість режимами вирощування риби: температурним, сольовим, газовим, світловим і т.д., прискорення тим самим темпу росту риб і підвищення ефективності вирощування. Недолік УЗВ практично тільки один, але істотний: висока собівартість вирощуваної риби, найвища серед всіх форм рибництва (собівартість товарного коропа в таких установках приблизно в 4-5 разів вище вартості коропа, вирощеного в ставках за нагульною системою, і майже в 2 рази – у садкових господарствах), тому доцільно рибні установки такого типу орієнтувати на вирощування делікатесної дороговартісної продукції, в основному осетрових риб, до яких у майбутньому, можливо, додадуться такі об'єкти, як вугор, тилапія, пенгасіус, річкові раки, прісноводні креветки та деякі інші [2]. Інший шлях використання УЗВ – вирощування посадкового матеріалу різних видів риб, поставка їх у рибницькі господарства в ранній термін, за рахунок чого можливе отримання товарної продукції в ставкових господарствах за один рік. Застосування басейнів для вирощування риби відкрило перспективи

вдосконалювання рибництва. Басейни можна встановити незалежно від рельєфу місцевості або внести в будівлю. Подача кормів у басейни, подача та скидання води організуються і регулюються відповідно до плану рибництва. Селекція вирощуваного матеріалу, облов, лікування та інші технологічні операції в басейнах стали значно доступніше, ніж у ставку. Щоб отримати більш високу віддачу від рибництва в басейнах, щільність посадки риби в порівнянні із ставком необхідно збільшити, у зв'язку з чим виникають проблеми постачання риби киснем для дихання і видалення з басейнів продуктів життєдіяльності риб. Обидві ці проблеми вирішуються за рахунок зміни води в басейні. У басейн повинна подаватися чиста, насичена киснем вода, а випускатися з басейну вода, збіднена киснем і забруднена продуктами життєдіяльності риби. Проблема насичення води в басейнах вирішується тільки за рахунок подачі насиченої киснем води. Рибоводні установки з аерацією води знайшли широке практичне застосування. Додаткове джерело надходження кисню у воду басейну дозволяє на порядок знизити витрати води. Насичена вода, попередньо змішуючись із чистою водою, знову подається на вхід у басейн. Особливо широке застосування установки такого виду знайшли при вирощуванні форелі на артезіанських водах. Дефіцит кисню в артезіанській воді, що володіє потрібним для форелі складом солей і температурою, компенсується технічними засобами насичення води киснем як за рахунок аерації, так і за рахунок використання технічного кисню [14].

Матеріал та методи. Якість води в УЗВ досліджували за такими показниками: температура, рН, загальна жорсткість, каламутність, кольоровість, вміст кисню, загального заліза, хлоридів, сульфатів, амонію, фторидів та сухого залишку. Також досліджували вміст хімічних елементів і солей, які можуть проявляти токсичний вплив на рибу (нітрати, нітрити, амоній, кадмій, кобальт, мідь, свинець, цинк).

Результати досліджень та їх обговорення. Результати досліджень за санітарно-гігієнічними та мікробіологічними показниками з визначення органолептичних і деяких хімічних показників води зі свердловини, що живитимуть повносистемне форелеве господарство наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Органолептичні і хімічні показники води зі свердловини, що живить повносистемне форелеве господарство

№ з/п	Найменування показників	Од. вимір.	Вимоги НД	Фактичне значення	НД на методи випробування	Відповідність
1	2	3	4	5	6	7
Санітарно-гігієнічні показники						
1	Запах 20°	град.	< = 2	1	ГОСТ 3351-74	відповідає
2	Запах 60°	град.	< = 2	0	ГОСТ 3351-74	відповідає

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
3	Присмак	бали	< = 2	1	ГОСТ 3351-74	відповідає
4	Кольоровість	град.	< = 20	0	ГОСТ 3351-74	відповідає
5	Каламутність	мг/дм ³	< = 1,0	0	ГОСТ 3351-74	відповідає
6	Водневий показник	одини-ці рН	6,5–8,5	6,87	інструкція до приладу	відповідає
7	Амоній (аміак)	мг/дм ³	< = 0,5	< 0,05	ГОСТ 4192-82	відповідає
8	Нітрити	мг/дм ³	< = 0,5	< 0,003	ГОСТ 4192-82	відповідає
9	Нітрати	мг/дм ³	< = 50,0	18,0	ГОСТ 18826-73	відповідає
10	Загальна жорсткість	мг/дм ³	< = 7,0	21,0	ДСТУ ISO 6959:2003	не відповідає
11	Сухий залишок	мг/дм ³	< = 1000	2660,0	ГОСТ 18164-72	не відповідає
12	Хлориди	мг/дм ³	< = 250,0	540,20	ДСТУ ISO 6959:2003	не відповідає
13	Хлороформ	мг/ дм ³	< = 0,06	< 0,0003	ДСТУ ISO 10301:2004	відповідає
14	Сульфати	мг/дм ³	< = 250,0	724,80	ГОСТ 4389-72	не відповідає
15	Залізо загальне	мг/дм ³	< = 0,2	< 0,10	ГОСТ 4011-72	відповідає
16	Окисність перманганатна	мг/дм ³	< = 5,0	2,26	ГОСТ 23268.12-91	відповідає
17	Мідь	мг/дм ³	< = 1,0	0,001	МВВ 081/12-4631-00	відповідає
18	Цинк	мг/дм ³	< = 1,0	< 0,01	МВВ 081-12/04-98	відповідає
19	Кадмій	мг/дм ³	< = 0,001	< 0,001	МВВ 081/12-4631-00	відповідає
20	Свинець	мг/дм ³	< = 0,01	0,00558	МВВ 081/12-4631-00	відповідає
21	Нікель	мг/дм ³	< = 0,02	< 0,005	Ю.Ю. Лурье, 1973	відповідає
22	Миш'як	мг/дм ³	< = 0,01	< 0,005	ГОСТ 4152-72	відповідає
23	Фтор	мг/дм ³	< = 1,2	0,04	ГОСТ 4386-89	відповідає
24	Алюміній	мг/дм ³	< = 0,2	< 0,04	ГОСТ 18165-89	відповідає
25	Марганець	мг/дм ³	< = 0,05	< 0,01	ГОСТ 4974-72	відповідає
26	Поліфосфати	мг/дм ³	< = 3,5	< 0,005	ГОСТ 18309-72	відповідає
27	ХОП: γГХЦГ	мг/дм ³	(сума) < = 0,0005	< 0,00008	МУ 4120-86	відповідає
	ДДЕ	мг/дм ³		< 0,0002		відповідає
	ДДД	мг/дм ³		< 0,0002		відповідає
	ДДТ	мг/дм ³		< 0,0002		відповідає

Проби води відбирали зі свердловини, де заплановано побудову форелевого господарства.

Такі показники, як температура, вміст кисню та рН контролювалися щоденно персоналом господарства.

Матеріали таблиці 1 вказують, що згідно класифікації О.О. Альокіна, вона належить до гідрокарбонатного класу. Під час дослідження органолептичних показників води виявили, що вони істотно змінювались залежно від пори року.

Впродовж всього вегетаційного періоду температура води в басейнах дослідного господарства коливалась у межах 6,6–14,3°C. Ці температури входять до загальноприйнятого діапазону оптимальних температур 7–18°C, за якого апетит райдужної форелі є найкращим. Поза цим діапазоном риба втрачає апетит, а в разі досягнення критичних відміток взагалі не харчується. Між інтенсивністю живлення і ефективністю використання спожитого корму існує пряма залежність. За температури 18°C райдужна форель може житися досить інтенсивно, однак перетравлення спожитого комбікорму буде неповним.

Так, у березні каламутність (відносна прозорість) води була на рівні 0. Однак саме цей показник може негативно впливати на життєдіяльність райдужної форелі, та інших гідро біонтів як у відкритій водоймі так і за замкнутого водопостачання, адже завислі у воді частинки осідають на зябрах риб і ускладнюють їх дихання, йонний обмін та споживання їжі, що, своєю чергою, позначається на прирості маси тіла. Причину істотного збільшення каламутності води можна вбачати у потраплянні великої маси дощових стоків у ґрунтові води.

Запах води досліджували в двох термічних режимах – за температури 20 та 60°C. Суттєвих відмінностей за запахом у воді з різними температурами не виявили. У березні і грудні запах води оцінювали у 1 бали, тимчасом у жовтні – 0,5 бал за обох температурних режимів. На осінні показники води вплинуло значне розбавлення м'якою дощовою водою.

Упродовж періоду досліджень уміст хлоридів у воді жодного разу не перевищував нормативних значень. Однак для цього показника також була характерна сезонна динаміка. У березні кількість хлоридів була на рівні 540 мг/дм³, жовтневий показник збільшився в 1,24 раза, а в грудні знову зменшився, практично до березневого значення. Кількість сульфатів у всіх досліджених пробах не перевищувала ГДК і була в середньому в 5 разів менша.

Вміст загального заліза – це єдиний показник, значення якого не перевищувало нормативне. Саме показник вмісту заліза ключовим для систем замкнутого водопостачання, що вказує у подальшому на виживаність молоді в установках. Підвищення умісту заліза в воді небезпечно для риби, оскільки гідроксид заліза може осаджуватись на їх зябрових пелюстках і погіршувати дихання та йонний обмін. Істотно зростає також уразливість організму до захворювань.

Таблиця 2. Мікробіологічні показники показники води зі свердловини, що живить повносистемне форелеве господарство

№ з/ч	Найменування показників	Од. вимір.	Вимоги НД	Фактичне значення	НД на методи випробування	Відповідність
1	ЗМЧ при t 37°C	КУО/см ³	< = 100	4	МВ 10.2.1-113-2005 «Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води»	відповідає
2	Колі-індекс (загальні колі форми)	100 КУО/см ³	відсутність	відсутні	МВ 10.2.1-113-2005 «Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води»	відповідає
3	<i>E. coli</i> (кишкова паличка)	100 КУО/см ³	відсутність	відсутні	МВ 10.2.1-113-2005 «Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води»	відповідає
4	Ентерококи	100 КУО/см ³	відсутність	відсутні	МУ по санітарно-мікробіологічному аналізу воды открытых водоемов 2285-81	відповідає

Важливе значення для вирощування риби має рН води. На різних стадіях розвитку райдужна форель неоднаково реагує на несприятливі значення рН. Оптимальні і допустимі діапазони рН води для різних вікових груп вирощування також різняться. Оптимумом для молоді є значення в межах 6,5–8,0. Для товарної риби цей діапазон набагато ширший.

Найбільш сприятливою для розвитку райдужної форелі є вода середньої жорсткості. Риба уникає м'якої та дуже жорсткої води. Загальна жорсткість досліджуваної води суттєво варіювала впродовж періоду досліджень. Максимальні показники виявляли в березні і жовтні – в середньому 21 моль/дм³, а в жовтні вона знижувалася в 2,2 рази ($p < 0,05$), що, ймовірно пов'язано з розбавленням дощовою водою. Саме високий показник жорсткості вказує на невідповідність води для її використання в установках замкнутого водопостачання.

Висновки з дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. Отже, аналіз джерел літератури показав, що сучасні технології вирощування форелі, осетрових, тилапії, пенгасіуса та інших гідробіонтів є складним багатогранним процесом, до якого залучені ряд чинників: риба і мікрофлора біофільтра, а об'єднувальною ланкою слугує вода. Ґрунтовних пояснень із багатьох питань вирощування гідро біонтів у системах замкнутого водопостачання дуже мало, відповідно мало висвітлено даних у науковій літературі. Що стосується гігієнічного оцінювання води в УЗВ під час вирощування гідробіонтів за мікробіологічними показниками, кількісного та якісного складу психротрофної групи мікрофлори

води, способів біобезпеки та біоконтролю в аквакультурі ключову роль має формування мікробних біоплівки на різних типах наповнювачів реактора у господарствах з різним температурним та гідрохімічним режимом.

АНАЛИЗ ГИДРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ АКВАФЕРМ ПРИ ЗАМКНУТОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ

Гриневиц Н.Е. – доктор вет. наук, доцент,

Хомяк А.А. – кандидат с.-х. наук, доцент,

Присяжнюк Н.М. – кандидат вет. наук, доцент,

Михальский О.Р. – ст. преподаватель,

Белоцерковский национальный аграрный университет,

ihziozoolog@ukr.net

Современные технологии выращивания форели, осетровых, тилапии, пенгасиуса и других гидробионтов является сложным многогранным процессом, к которому привлечен ряд факторов: рыба и микрофлора биофильтра, а объединительным звеном служит вода. Важное значение для выращивания рыбы имеет температура воды, рН, содержание химических элементов и солей.

В течение всего вегетационного периода температура воды в бассейнах опытного хозяйства колебалась в пределах 6,6-14,3°C. Эти температуры входящих в общепринятого диапазона оптимальных температур 7-18°C, при котором аппетит радужной форели является наилучшим. Вне этого диапазона рыба теряет аппетит, а в случае достижения критических отметок вообще не питается. Между интенсивностью питания и эффективностью использования потребленного корма существует прямая зависимость.

Запах воды исследовали в двух термических режимах - при 20 и 60°C. Существенных различий по запаху в воде с различными температурами не обнаружили.

Низкие уровни рН снижают эффективность биофильтрации, а высокий показатель рН вызывает токсический эффект, поэтому важно регулировать рН в соответствии с эффективностью биофильтра. На разных стадиях развития радужная форель неодинаково реагирует на неблагоприятные значения рН. Оптимальные и допустимые диапазоны рН воды для разных возрастных групп выращивания также отличаются. Наиболее благоприятной для развития радужной форели является вода средней жесткости.

В течение периода исследований содержание хлоридов в воде ни разу не превышал нормативных значений. Однако для этого показателя также была характерна сезонная динамика. В марте количество хлоридов была на уровне 540 мг/дм³, октябрьский показатель увеличился в 1,24 раза, а в декабре снова уменьшился практически до мартовского значения. Количество сульфатов во всех исследованных пробах не превышала ПДК и была в среднем в 5 раз меньше.

Содержание общего железа не превышало нормативное. Именно показатель содержания железа ключевым для систем замкнутого водоснабжения, указывает в дальнейшем на выживаемость молодежи в настройках. Повышение содержания железа в воде опасно для рыбы, так как гидроксид железа может осаждаться на их

жаберных лепестках и ухудшать дыхания и ионный обмен. Существенно возрастает также уязвимость организма к заболеваниям.

Ключевые слова: вода, аквакультура, биофильтр, аквасистема, биопленка, рыба, нитраты, нитриты, хлориды.

ANALYSIS OF A HYDROTECHNOLOGICAL COMPONENT OF INDUSTRIAL AQUAFERMS FOR A CLOSED WATER SUPPLY

Grynevych N.E. – doctor Vet. Sciences, Associate Professor

Khomiak O.A. – candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Prysiashniuk N.M. – candidate Vet. Sciences, Associate Professor

Mykhalskyi O.R. – Senior Lecturer

Bila Tserkva National Agrarian University, ihtiozoolog@ukr.net

Modern technologies of raising of trout, sturgeon, тилапії, пенгасіуца and other aquatic lives is a difficult many-sided process to that the row of factors is brought over: fish and microflora of biofilter, and an unifying link water serves as. An important value for raising of fish has water temperature, pH, owner of chemical composition and salts.

Throughout the growing season, the water temperature in the pools of the experimental farm ranged from 6,6-14,3°C. These temperatures are included in the generally accepted range of optimal temperatures of 7-18°C, at which the appetite of rainbow trout is the best. Outside this range, the fish loses its appetite, and if it reaches critical levels, it does not eat at all. There is a direct correlation between the intensity of nutrition and the efficiency of use of feed consumed.

The smell of water was studied in two thermal conditions - at 20 and 60°C. Significant differences in smell in water with different temperatures were not found.

Low pH levels reduce the efficiency of biofiltration, and high pH causes a toxic effect, so it is important to adjust the pH according to the efficiency of the biofilter. On the different stages of development a rainbow trout differently reacts on the unfavorable values of pH. The optimal and possible ranges of pH of water for the different age-related groups of raising differ also. Most favorable for development of rainbow trout is water of middle inflexibility.

During the research period, the chloride content in the water never exceeded the standard values. However, this indicator was also characterized by seasonal dynamics. In March, the amount of chloride was at the level of 540 mg / dm³, the October indicator increased by 1,24 times, and in December again decreased almost to the March value. The amount of sulfates in all the studied samples did not exceed the MPC and was on average 5 times less.

The total iron content did not exceed the standard. It is the indicator of iron content that is key for closed water supply systems that further indicates the survival of young people in the settings. An increase in the iron content in water is dangerous for fish, since iron hydroxide can precipitate on their gill lobes and impair respiration and ion exchange. The organism's vulnerability to diseases also increases significantly.

Keywords: water, aquiculture, biofilter, aquasystem, biofilm, fish, nitrates, nitrites, chlorides.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богданова Л.А., Перминова Е.Б., Пуховский А.В., Асарова М.Х. Минеральный состав водной среды в замкнутых рыбоводных системах. Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах: сб. научн. трудов. Москва, 1988. С. 18–23.
2. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген, 2010. 70 с.
3. Вовк Н.І. Іхтіопатологічні дослідження – важлива складова біомоніторингу водойм. *Рибогосподарська наука України*. 2009. № 3. С. 106–109.
4. Гребенюк Т.В., Константиненко Г.В. Методи очистки води на рибоводних підприємствах в умовах вирощування риби в установках замкнутого водопостачання. *Вісник НТУУ «КПІ»*. 2015. Вип. 28. С. 110–114.
5. Григорьев С.С., Седова Н.А. Индустриальное рыбоводство. Часть 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: учебное пособие. Петропавловск-Камчатский, 2008. 186 с.
6. Гриневич Н.Є. Вміст нітрифікуючих організмів у воді реактора біофільтра установки замкнутого водопостачання за використання різних типів наповнювача. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гіжцького*. 2017. Т. 19, № 82, 184–187.
7. Гриневич Н.Є., Димань Т.М. Сезонні зміни гідрохімічних показників води за використання установок замкнутого водопостачання для вирощування райдужної форелі. *Науковий вісник БНАУ*. 2016. № 2. С. 33–39.
8. Грициняк І.І., Третяк О.М., Колос О.М. Історичні аспекти, стан та перспективи розвитку рибогосподарської діяльності на внутрішніх водоймах України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2014. Вип. 2 /1 (24). С. 22–29.
9. Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В. Фізіолого-біохімічні основи очищення оборотної води УЗВ від сполук нітрогену та фосфору. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського*. 2018. Т. 29 (68). Ч. 3. № 1. С. 42–47.
10. Жезмер В.Ю., Белякова Н.В. Микробиологические критерии оценки эпизоотического состояния установок с замкнутым циклом водообеспечения в отношении аэромоназа карпа. Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах: сб. научн. трудов. Москва, 1988. С. 74.
11. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Київ, 2005. 671 с.
12. Кононцев С.В., Саблій Л.А., Гроховська Ю.Р. Очищення води рибницьких господарств із замкнутим циклом водопостачання від сполук

- амонійного нітрогену. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*: наук.-техн. зб. 2016. Вип. 27. С. 170–177.
13. Купинский С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры. Астрахань, 2007. 133 с.
 14. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н. и др. Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств. Ростов-на-Дону, 2006. 72 с.
 15. Митченко Т.Е., Макарова Н.В. Вода і водоочисні технології. *Науково-технічні вісті*. 2001. № 1. С. 22–24.
 16. Новоженін Н.П., Филатов В.И., Петров Ф.А. и др. Рыбоводно-биологические нормативы по выращиванию карпа, форели в установках с замкнутым циклом водоснабжения. Москва, 1985. 16 с.
 17. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы [ОСТ 15.372-87] (Вступил в действие: с 01.04.88). Москва, 1988. 18 с.
 18. Проскуренко И.В. Замкнутые рыбоводные установки. Москва, 2003. 153 с.
 19. Terech-Majewska E., Siwicki A.K. Mikrobiologiczna i immunologiczna ocena pstraga teczowego pochodzacego z technologii stosowanych w Polsce. W: Szarek J., Skibniewska K.A., Zakrzewski J., Guziur, Jakosc pstraga teczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) z technologii stosowanych w Polsce. UW-M, Olsztyn, 2013. 71–82.

REFERENCES

1. Bogdanova L.A., Perminova E.B., Puhovskij A.V., Asarova M.H. (1988). *Mineral'nyj sostav vodnoj sredy v zamknutyh rybovodnyh sistemah* [The mineral composition of the aquatic environment in closed fish breeding systems]. *Industrial'noe rybovodstvo v zamknutyh sistemah*: sb. nauchn. trudov. Moscow, pp. 18–23. [in Russian].
2. Brajnalle Ja. (2010). *Rukovodstvo po akvakul'ture v ustanovkah zamknutogo vodosnabzhenija. Vvedenie v novye jekologicheskie i vysokoproduktivnye zamknutyje rybovodnye sistemy* [Guide to aquaculture in closed water installations. Introduction to new ecological and highly productive closed fish breeding systems]. Kopengagen. [in Russian].
3. Vovk N.I. (2009). Ihtopatologichni doslidzhennja – vazhlyva skladova biomonitoringu vodojm. *Rybogospodars'ka nauka Ukrainy*, no. 3, pp. 106–109. [in Ukrainian].
4. Grebenjuk T.V., Konstantinenko G.V. (2015). Metodi ochistki vodi na ribovodnih pidpriemstvah v umovah viroshhuvannja ribi v ustanovkah zamknutogo vodopostachannja. *Visnik NTUU «KPI»*, Issue 28, pp. 110–114. [in Ukrainian].

5. Grigor'ev S.S., Sedova N.A. (2008). *Industrial'noe rybovodstvo. Chast' I. Biologicheskie osnovy i osnovnye napravlenija razvedenija ryby industrial'nymi metodami: uchebnoe posobie* [Industrial fish farming. Part 1. Biological basis and main directions of fish farming by industrial methods]. Petropavlovsk-Kamchatskij. [in Russian].
6. Grynevych N.Je. (2017). Vmist nitryfikujuchyh organizmiv u vodi reaktora biofil'tra ustanovky zamknutogo vodopostachannja za vykorystannja riznyh typiv napovnjuvacha. *Naukovyj visnyk L'vivs'kogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotehnologij imeni S.Z. G'zhyc'kogo*, vol. 19, no. 82, pp. 184–187. [in Ukrainian].
7. Grynevych N., Dyman T.M. (2016). Sezonnii zminy hidrokhimichnykh pokaznykiv vody za vykorystannja ustanovok zamknutoho vodopostachannja dlja vyroshchuvannja raiduzhnoi foreli. *Naukovyi visnyk BNAU*, no. 2, pp. 33–39. [in Ukrainian].
8. Grycynjak I.I., Tretjak O.M., Kolos O.M. (2014). Istorychni aspekty, stan ta perspektyvy rozvytku rybogospodars'koi' dijal'nosti na vnutrishnih vodojmah Ukrai'ny. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu*, Issue 2/1 (24), pp. 22–29. [in Ukrainian].
9. Grohovs'ka Ju.R., Kononcev S.V. (2018). Fiziologo-biohimichni osnovy ochyshhennja oborotnoi' vody UZV vid spoluk nitrogenu ta fosforu. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'kogo*, vol. 29 (68), part 3 no. 1, pp. 42–47. [in Ukrainian].
10. Zhezmer V.Ju., Beljakova N.V. (1988). Mikrobiologicheskie kriterii ocenki jepizooticheskogo sostojanija ustanovok s zamknutym ciklom vodoobespechenija v otnoshenii ajeromonoza karpa. *Industrial'noe rybovodstvo v zamknutyh sistemah: sb. nauchn. trudov*. Moscow, pp. 74. [in Russian].
11. Zapol's'kyj A.K. (2005). *Vodopostachannja, vodovidvedennja ta jakist' vody* [Water supply, drainage and water quality]. Kyiv. [in Ukrainian].
12. Kononcev S.V., Sablij L.A., Grohovs'ka Ju.R. (2016). Ochyshhennja vody rybnyc'kyh gospodarstv iz zamknutym ciklom vodopostachannja vid spoluk amonijnogo nitrogenu. *Problemy vodopostachannja, vodovidvedennja ta gidravliky: nauk.-tehn. zb.*, Issue 27, pp. 170–177. [in Ukrainian].
13. Kupinskij S.B. (2007). *Produkcionnye vozmozhnosti ob#ektov akvakul'tury* [Production external opportunities in aquaculture]. Astrahan'. [in Russian].
14. Matishov G.G., Matishov D.G., Ponomareva E.N. (2006). *Opyt vyrashhivannja osetrovyh ryb v uslovijah zamknutoj sistemy vodoobespechenija dlja fermerskih hozjajstv* [Experience of growing sturgeon in a closed water supply system for farms]. Rostov-na-Donu. [in Russian].
15. Mytchenko T.E., Makarova N.V. (2001). Voda i vodoochysni tehnologii?. *Naukovo-tehnichni visti*, no. 1, pp. 22–24. [in Ukrainian].

16. Novozhenin N.P., Filatov V.I., Petrov F.A. (1985). *Rybovodno-biologicheskie normativy po vyrashhivaniyu karpa, foreli v ustanovkah s zamknutym ciklom vodosnabzhenija* [Fish and biological standards for the cultivation of carp, trout in the recirculation aquaculture systems]. Moscow. [in Russian].
17. Ochrana prirody. Gidrosfera. Voda dlja rybovodnyh hozjajstv. Obshhie trebovanija i normy (1987). OST 15.372-87 from 01.04.88. Moscow. [in Russian].
18. Proskurenko I.V. (2003). *Zamknutyje rybovodnye ustanovki*. [Recirculation aquaculture systems]. Moscow. [in Russian].
19. Terech-Majewska E., Siwicki A.K. (2013). Mikrobiologiczna i immunologiczna ocena pstraga teczowego pochodzacego z technologii stosowanych w Polsce. W: Szarek J., Skibniewska K.A., Zakrzewski J., Guziur, Jakosc pstraga teczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) z technologii stosowanych w Polsce. UW-M, Olsztyn, 71–82.