



Co-funded by
the European Union



National University of Water
and Environmental
Engineering

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра водних біоресурсів

05-03-148M

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни

«Рециркуляційна аквакультура»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Охорона, відтворення та
раціональне використання гідробіоресурсів»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол № 2 від 24.09.2024 р.

Рівне – 2024



Co-funded by
the European Union



National University of Water
and Environmental
Engineering

Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Рециркуляційна аквакультура» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів» спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Кононцев С. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 94 с.

Укладач: Кононцев Сергій Вікторович, д.т.н., доцент, професор кафедри водних біоресурсів.

Відповідальна за випуск: Полтавченко Т. В. – к.вет.н., доцент, завідувачка кафедри водних біоресурсів.

Керівник групи забезпечення спеціальності 207

«Водні біоресурси та аквакультура»

Сондак В. В.

AFISHE «Development of Aquaculture and Fisheries Education for Green Deal in Armenia and Ukraine: from Education to Ecology»
<https://www.afishe.eu/>

Матеріали опубліковані як частина проєкту ЄС, який фінансується за підтримки Європейської комісії. Ця публікація відображає погляди авторів і Європейська комісія не може нести відповідальності за використання будь-якої інформації, що тут міститься.

© С. В. Кононцев, 2024

© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

Передмова	4
Змістовний модуль 1. Теоретичні основи функціонування РАС	5
Тема 1. Архітектура сучасних рибницьких ферм, що працюють як рециркуляційні системи	5
Тема 2. Терморегуляція в РАС	10
Тема 3. Процеси очищення води для забезпечення вимог гідробіонтів - об'єктів РАС	20
Тема 4. Споруди механічного очищення води РАС	28
Тема 5. Біологічне очищення циркуляційної води РАС	40
Тема 6. Знезараження води у РАС	52
Змістовний модуль 2. Технології вирощування в РАС об'єктів аквакультури	64
Тема 7. Вирощування кларієвого сома в РАС	64
Тема 8. Вирощування тиліпій в РАС	71
Тема 9. Вирощування форелі в РАС	76
Тема 10. Вирощування ракоподібних в РАС	85
Література	94

Вступ

Перспективи розвитку рециркуляційної аквакультури в Україні пов'язані її найвищим рівнем екологічної безпеки та мінімальним впливом на навколишнє середовище порівняно з іншими напрямками рибництва. Оскільки технології рециркуляційної аквакультури характеризуються мінімальними питомими потребами у воді на одиницю вирощеної продукції, суттєво знижується залежність виробництва від водних ресурсів, з'являються умови для ефективного вирощування цінних об'єктів аквакультури.

Метою курсу є отримання студентами знань про сучасні технології вирощування об'єктів аквакультури в системах оборотного водопостачання. Цілі: 1) розширити знання про інтенсивні технології в аквакультурі, 2) сформувати навички з проектування аквакультурних систем з замкнутим циклом водозабезпечення, включаючи основні технологічні ємності, вузли автоматизованої годівлі, водопідготовки, очищення забрудненої води та контролю основних фізико-хімічних параметрів, 3) ознайомити з перспективними об'єктами аквакультури та технологіями їх вирощування в рециркуляційних аквасистемах.

Змістовний модуль 1. Теоретичні основи функціонування РАС

Тема 1. Архітектура сучасних рибницьких ферм, що працюють як рециркуляційні системи

Сучасні рибницькі ферми, що працюють як системи аквакультури з рециркуляцією води, мають у своєму складі відокремлені технологічні блоки цільового призначення. Оскільки сама філософія РАС передбачає максимальне відокремлення від природних факторів з метою виключення тих ризиків і проблем, які невід’ємно супроводжують аквакультуру відкритих водойм, процеси вирощування відбуваються у закритому приміщенні. Отримання продукції аквакультури у найкоротші терміни одночасно з найвищою виробничою продуктивністю з одиниці площ потребують створення оптимальних умов для росту риби з використання широкого спектру відповідного обладнання. Відповідно, сучасна РАС являє собою складний високотехнологічний комплекс, що забезпечує біотехнологічний процес вирощування продукції аквакультури з максимальним рівнем автоматизації на усіх рівнях.

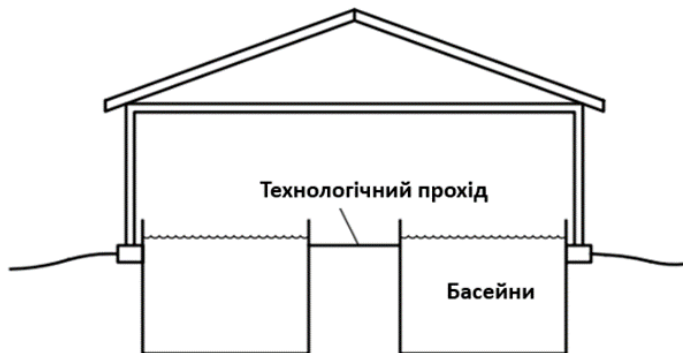
Залежно від потенційних тепловтрат, потреби у природній інсоляції та інших чинників, стіни таких будівель можуть бути прозорими та не теплоізованими або ж навпаки. Кліматичні умови більшої частини території України та вимоги більшості комерційно цінних об’єктів аквакультури до температурного режиму зумовлюють потребу у використанні стін з термоізоляцією. Окрім того, внаслідок підвищеної вологості та ймовірного утворення конденсату на внутрішній поверхні стін особливі умови висуваються також і до оздоблювальних матеріалів. Досвід реконструкції сільськогосподарських промислових будівель, призначених для вирощування худоби, підтверджує важливість своєчасного врахування таких деталей на етапі проектування. Також рибницьке господарство із замкнутою системою водозабезпечення потребуватиме влаштування системи вентиляції повітря з рекуперацією тепла або без залежно від температурного режиму господарства.

Невід’ємними компонентами РАС є блоки терморегуляції, водозабору та водопідготовки, очищення оборотної води, знезараження, аерації та годівлі. Окрім того, насосне обладнання різних типів та призначення також можна представити як відокремлений технологічний блок. У разі, якщо РАС інтегрована з системою аквапоніки, структура ферми включатиме також і компоненти підтримки життєдіяльності рослинницького комплексу (освітлення, аерація, внесення добрив і т.п.). Побутові та адміністративні приміщення, кімнати для санітарно-гігієнічних процедур, складські приміщення у переважній більшості також розташовується в межах будівлі акваферми. Раціональне розміщення таких складових РАС передбачає мінімізацію витрат енергії на здійснення виробничих або технологічних операцій, максимально ефективно використання виробничих площ та виконання певних санітарно-гігієнічних норм. Тому здебільшого побутові та адміністративні приміщення відокремлені від виробничого блоку, вхід до якого передбачає дезінфекцію взуття, зміну одягу або використання спеціального верхнього одягу. В межах виробничого блоку розташовують споруди підготовки підживлювальної води за виключенням схем, коли блок водопідготовки розташовується безпосередньо біля джерела водопостачання. Також з метою зниження втрат тепла у тепловодних РАС блок очищення оборотної води розташовується у безпосередній близькості до рибницьких басейнів. Склади для зберігання кормів розташовують залежно від обраної схеми автоматизованої годівлі, але з урахуванням вимоги щодо допустимої вологості повітря.

Замкнутий водний контур РАС можна розглядати як керовану штучну екосистему, максимально відокремлену від природного середовища, до якої у тій чи іншій мірі дотичні інші виробничо-технологічні блоки. Наприклад, блок автоматизованої годівлі риб забезпечує внесення у рибницькі басейни кормів. Таким чином, навколо замкнутого водного контуру та споруд, які безпосередньо у нього будуть включені, РАС передбачає наявність додаткових технологічних та виробничих систем, які

так чи інакше будуть пов'язані з цим контуром, впливати на нього зовні, або реагувати на його зовнішню дію.

Основну частину виробничих площ в РАС займають басейни, які розміщуються групами та відрізняються залежно від призначення (етапу вирощування, який вони забезпечують). Взаємне розміщення басейнів має передбачати зручність їх обслуговування персоналом, у тому числі – можливість проведення найбільш трудомістких операцій (вилів та сортування, внутрішній транспорт, посадка нової партії на вирощування). Враховуючи, що загальна висота основних ємностей для вирощування риб на останніх етапах вирощування може досягати 2 м, а в окремих випадках і більше, необхідно передбачити певні технічні рішення для зручності обслуговування таких ємностей. При проектуванні холодноводних РАС виявляється доцільним частково заглиблювати басейни під рівень підлоги, - таке рішення забезпечує від небезпеки перегріву води у літню спеку та дозволяє знизити витрати матеріалів на спорудження басейнів. У такому разі висота бортів, які виступатимуть над поверхнею підлоги має бути такою, щоб персонал міг з легкістю виконувати основні виробничі операції.



РАС із заглибленими басейнами

Рис. 1. Схема взаємного розташування басейнів у холодноводному РАС.

З метою зниження тепловтрат басейни тепловодних РАС розташовують на утепленій підлозі, тому для зручності обслуговування ємкостей висотою понад 1,5 м влаштовують спеціальні трапи. Залежно від взаємного розташування це можуть бути індивідуальні майданчики для обслуговування одного чи розташованих в один ряд декількох басейнів, або трапи у вигляді спільної площадки, що сполучає навпроти стоячі басейни. У такому разі комунікації, повітропроводи та трубопроводи для відведення води з басейнів розміщують у просторі під трапом, куди забезпечується можливість підходу у разі потреби.

Забезпечення надійної та необхідної циркуляції води у господарстві (водообміну) є однією з ключових заporук успішного вирощування об'єктів аквакультури в РАС. Тому при проектуванні замкнутого контуру усі блоки, включені до нього, розміщують максимально компактно (вода має рухатись по найкоротшому шляху).

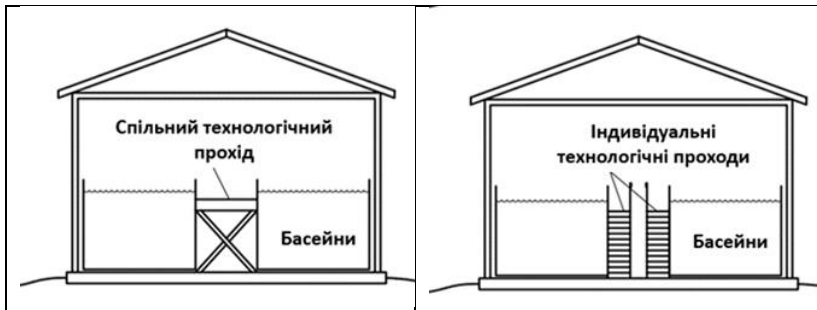


Рис. 2. Схема розташування басейнів та обслуговуючих майданчиків у тепловодному РАС.

Незалежно від особливостей водокористування, усі трубопроводи РАС можна розділити на труби для подачі води та відповідні трубопроводи. Для заощадження електроенергії на перекачування води максимально використовують можливості для руху води самопливом. Наприклад, якщо підготовлену до подачі у басейни воду подати насосом у збірний бак,

розташований над ємкостями, потреба у включенні до схеми ще одного насоса відпаде, розташування поряд аератора та пристроїв автоматизації дозволить об'єднати декілька процесів в межах однієї споруди. Також в межах такого збірного баку можна розмістити електричний нагрівальний елемент для терморегуляції.

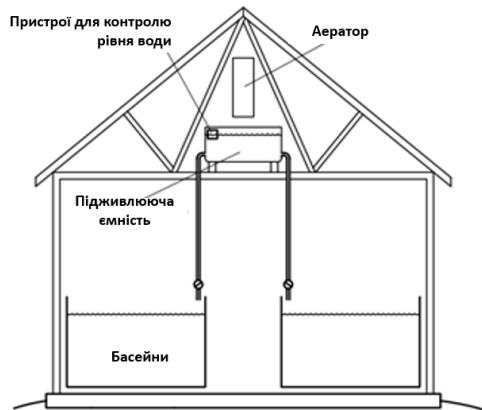


Рис. 3. Взаємне розташування збірної баку (підживлюючої ємкості) та басейнів в РАС.

Залежно від профілю та виробничої потужності РАС функції такого збірної баку можуть змінюватись. Наприклад, у разі значних обсягів водоспоживання або при відносно невисокому коефіцієнті рециркуляції у системі більш доцільним рішенням може бути подача підживлювальної води безпосередньо у рибницькі басейни. З одного боку, це потягне за собою потребу у влаштуванні відокремленої мережі подаючих трубопроводів, але й підвищить ефективність очищення оборотної води, знизить Забезпечення надійної та необхідної циркуляції води у господарстві (водообміну) є однією з ключових запорок успішного вирощування об'єктів аквакультури в РАС. Тому при проектуванні замкнутого контуру усі блоки, включені до нього, розміщують максимально компактно (вода має рухатись по найкоротшому шляху). витрати на перекачування.

Тема 2. Терморегуляція в РАС

Функціонування РАС як відокремленої від негативного впливу багатьох природних чинників системи забезпечує ряд вагомих переваг у порівнянні з аквакультурою відкритих водойм. Усі вони пов'язані з суттєвим прискоренням росту об'єктів аквакультури та зростанням питомої виробничої потужності. Оскільки створення РАС потребує витрат значних коштів, продукція, вирощена у таких системах матиме достатньо високу собівартість. Отже, конкурентоздатність такої ферми буде забезпечена лише за умови вирощування в ній об'єктів з високою комерційною вартістю. Окрім того, ефективно реалізувати потенційну перевагу у забезпеченні більш швидких темпів росту можна лише за умови вирощування тих видів, які об'єктивно мають потенціал щодо швидкого набору маси. У разі ж, якщо в РАС вирощуватимуть види, які відносяться до тугорослих, вони лише незначною мірою дозволять скоротити тривалість виробничого циклу порівняно з аналогічними технологіями аквакультури на відкритій воді. При цьому питомі витрати на отримання такої продукції в РАС будуть ап'орі значно вищими. Більшість цінних об'єктів аквакультури, які володіють високими темпами росту, відносяться до теплолюбних видів, окрім того, саме при вирощуванні у оптимальному температурному діапазоні вони здатні реалізувати свої переваги щодо швидкості зростання.

Тому цілком очевидно, що підтримка належного температурного режиму є однією з ключових заporук реалізації технологічних переваг РАС порівняно з іншими технологіями аквакультури. Оскільки серед сучасних комерційно цінних об'єктів аквакультури можна виділити групу, яку відносять до теплолюбних видів, та групу, яка може зростати у прохолодній воді, при проектуванні РАС обов'язково враховується, який температурний режим має бути забезпечений у господарстві.

На території України абсолютно усі теплолюбні об'єкти аквакультури потребують забезпечення нагріву води у більшу частину року. Більшість з таких об'єктів поширені у тропічних водоймах, де температура води рідно опускається нижче 20°C.

Тому в умовах РАС створення умов для швидкого росту теплолюбних гідробіонтів першочергово має передбачати температурний режим в межах 24-30°C. Причому, утримання при більш низьких температурах може дозволити заощадити на енергоносіях, але, водночас, уповільнення темпів росту та зниження ефективності засвоєння кормів знівелює таку економію на теплі. Більш раціональними кроками у даному аспекті будуть ефективне утеплення виробничого приміщення та додаткове використання відносних джерел енергії, застосування енергоефективних технологій.

Значно менше проблем з терморегуляцією виникає при вирощуванні в РАС тих об'єктів, які не висувають жорстких вимог до температурного режиму. Холодноводні УЗВ переважно не стикаються з необхідністю додаткового нагріву води, адже вони можуть мати підживлення з підземних джерел водопостачання, де температура води є стабільною і не перевищує 11-14°C. Водночас, при аналізі меж температурного оптимуму для таких видів, виявиться, що максимальні темпи росту будуть відбуватись у доволі вузькому діапазоні, і єдиною перевагою у порівнянні з теплолюбними видами буде лише стійкість до низьких температур води та відносно незначне уповільнення темпів росту при відхиленні від температурного оптимуму. Зрештою, висока комерційна ціна таких об'єктів економічно виправдовує доцільність вирощування їх в РАС, - адже тут нівелюються проблеми, пов'язані з циклічністю виробництва, характерні для абсолютної більшості відкритих водойм України. Кліматичні умови України та особливості водокористування РАС практично не створюють потенційної загрози для таких видів з боку перевищення температурного оптимуму у літній період. Виключення може становити лише варіант, коли підживлювальна вода забирається з поверхневого джерела, а у господарстві відсутні умови для ефективної вентиляції. Попри теоретичну можливість проектування та встановлення холодильного устаткування для охолодження води в РАС, такий крок в Україні буде економічно необґрунтований, особливо за умови наявності альтернативних варіантів зниження температурного режиму протягом достатньо короткого періоду

часу. Нагрівання порівняно із охолодженням виявляється більш дешевим процесом, особливо, якщо використовувати надлишкове тепло різних енергетичних об'єктів або виробництв, де утворюється надлишкова теплота. У такому разі використовується теплоносії, а теплопередача від теплоносія до циркуляційної води господарства досягається з допомогою швидкісних теплообмінників. Наприклад, в країнах пострадянського простору водяні підігрівачі по ОСТ 34-588-68 випускалися секціями, із яких набирають теплообмінник, з окремих секцій з допомогою калачів послідовно або паралельно. У сучасних умовах використовують безліч типів теплообмінників залежно від характеристики теплоносія та місцевих умов. Проте, теплові об'єкти можна розглядати лише як ті варіанти, де РАС може отримати стратегічну перевагу за рахунок економії енергоресурсів, але таке явище аж ніяк не є масовим. Також розташування РАС у більшості випадків не дозволяють їм використовувати тепло з централізованих систем тепlopостачання (опалення), окрім того режим останніх не відповідає реальним потребам більшості тепловодних РАС.

Таким чином, терморегуляція рибницьких ферм України, що функціонують за принципом РАС, полягає у підтримці заданого температурного режиму в прохолодний період року. Необхідність постійного підтримання температури води в заданому діапазоні пов'язана переважно із відмінністю значення температури підживлювальної води від оптимального діапазону та тепловтратами у навколишнє середовище (для тепловодних господарств). При цьому важливого значення набуває температура повітря у приміщенні рибоводної ферми: опалення приміщення забезпечує не тільки належні умови праці персоналу, а й зменшує тепловтрати рибоводних ємностей. Відповідно, корекція температури в зводиться до компенсації втрати тепла між водою, циркулюючою в установці, та зовнішнім середовищем а також до доведення температури підживлювальної води до потрібного рівня. Таким чином, підтримка належного температурного режиму може забезпечуватись як безпосереднім нагрівом води у контурі, так і нагрівом повітряного середовища виробничого приміщення.

Витрати енергоносіїв на терморегуляцію шляхом нагріву повітря дещо вище, ніж для забезпечення того саме температурного режиму при нагріві безпосередньо води у контурі. Проте, внаслідок зростання інтенсивності випаровування з теплої води у прохолодне повітря, спостерігається ряд негативних наслідків утворення конденсату на стінах та поверхні обладнання. Тому достатньо часто застосовують комбіновані методи, які включають частковий підігрів повітря та точну корекцію температурного режиму водного середовища завдяки системам нагріву із терморегуляцією.



Рис. 1. Основні джерела енергії для нагріву води в РАС

Зазвичай для отримання необхідної кількості тепла використовують електроенергію або енергію від спалювання вуглеводнів. Вибір того чи іншого методу нагріву ґрунтується на економічних показниках, розташуванні об'єкта, місцевих умов та обсягах необхідного тепла.

Котли на газу. Є достатньо зручними з точку зору автоматизації процесу, точності регулювання та надійності, проте ринкова вартість газу суттєво обмежує перспективи їх застосування. Також, необхідно враховувати, що більшість рибницьких ферм розташовані у негазифікованій місцевості.

Водночас, отриманий внаслідок переробки відходів біогаз, можна розглядати як перспективне джерело тепла для поруч розташованого РАС.

Твердопаливні котли. Наявність певних відходів деревопереробки або сільськогосподарського виробництва може обґрунтувати доцільність використання саме котлів на твердому паливі. Попри те, що функціонування котлів вимагає залучення додаткового персоналу, а регулювання процесу горіння є порівняно складним, в РАС наявні певні умови для ефективного використання котлів на будь-якому з видів твердого палива. Певні обмеження у використанні котлів на твердому паливі накладаються через: розташування об'єкта (дим з котельні, потреба у складі для палива), потребі у виділенні додаткової площі під котельню. Водночас, наявність в РАС буферних ємкостей та використання теплообмінників для їх нагріву дозволяє забезпечити ефективне спалювання твердого палива у оптимальному режимі та використовувати накопичене тепло по мірі необхідності.

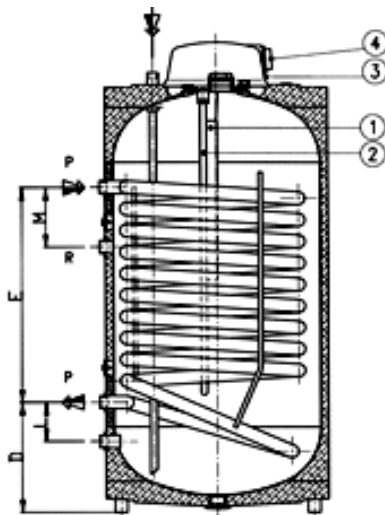


Рис. 2. Схема теплообмінника: 1- магнієвий анод; 2 - термостат; 3 - термометр; 4 - регулювальний термостат бойлера.

Електричні нагрівачі. Являють собою компактне устаткування, які у парі з блоком терморегуляції дозволяють в автоматизованому режимі з високою точністю підтримувати заданий температурний режим. Водночас, характеризуються найвищою вартістю процесу, тому застосовуються вкрай обмежено. Доцільність використання електропідігрівачів може бути обґрунтована або дешевою електричною енергією, або потребою у точній підтримці заданого температурного режиму у компактних ємкостях. Електропідігрівачі можуть встановлюватись безпосередньо у ємностях, збірних чи змішувальних баках і таким чином забезпечувати підігрів води у окремих групах рибницьких ємностей без потреби у застосуванні теплообмінників. Більшість сучасних електропідігрівачів обладнується термореле, що забезпечують повну автоматизацію процесу терморегуляції.

На відміну від класичних електропідігрівачів із ніхромовою ниткою, сучасні нагрівальні елементи виготовляються із кераміки, що має властивості напівпровідника. Таким чином, залежно від температури води опір керамічного нагрівального елемента змінюється, що дає можливість знижувати енергоспоживання на нагрів. Такі системи можуть використовуватись як основні або резервні (на випадок виходу з ладу котлів, екстремальних погодних умов). Більшість систем терморегуляції, що нагрівають воду завдяки електроенергії, обладнуються сучасними контролерами, які дозволяють утримувати температуру в заданому діапазоні та швидко реагувати на її відхилення.

Використання електронагрівачів з метою корекції температури спрощує конструкцію системи, дозволяє автоматизувати процес з допомогою достатньо простих засобів автоматичного управління. Для нагрівання води та підтримання температури у заданому діапазоні використовують електронагрівачі із системою автоматичного регулювання температури (вмикання-вимикання).

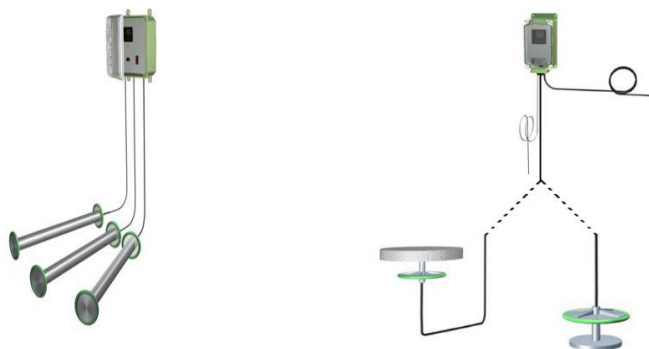


Рис. 3. Схеми підключення керамічних нагрівальних елементів до загального контролера.

Система регулювання із датчиком температури може бути вмонтована безпосередньо у колбу нагрівача або розташовуватись окремо. Різниця температури між точкою вмикання та вимикання може становити 1-2°C. Для більш потужних господарств можливе застосування потужних нагрівальних елементів (1,5; 3; 4,5; 6; 7,5 Вт), що розташовуються у емкостях для попередньої підготовки води.

Таблиця 1. Технічна характеристика титанових електронагрівачів.

Потужність нагрівача, Вт	Наявність поплавця	Довжина колби, мм	Діаметр колби, мм	Довжина кабелю, м
50	-	250	25	1,5
100	-	250	25	1,5
200	-	250	25	1,5
300	-	250	25	1,5
100	+	250	25	10
200	+	250	25	10
300	+	250	25	10

У випадку, коли у різних ємкостях необхідно підтримувати температуру у проміжках, що суттєво відрізняються між собою, доцільним є використання проточних електропідігрівачів, що встановлюються безпосередньо на підвідних трубопроводах. Вони характеризуються достатньо високою потужністю, водночас є компактними та зручними у використанні. Діапазон нагрівання таких приладів становить 16-40°C, точність підтримання температури 0,5°C.

Таблиця 2. Технічна характеристика проточних електропідігрівачів.

Потужність нагрівача, Вт	Мін. витрата, м ³ /год	Макс. витрата, м ³ /год	Маса, кг
3000	5	30	3
6000	5	30	3
9000	5	30	3
1200	5	30	3

Більш потужні електронагрівачі випускають з електродними елементами. Промисловістю випускаються для потреб споживачів електродні водогрійні котли марок ЕПЗ і ЕПЗ – І2 потужністю 25, 60, 100, 250 і 400 кВт. Нагрівачі серії ЕПЗ – І2 розраховані на живлення від сітки 380/220 В, 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю із з'єднанням електронної групи в “зірку”. Крім представлених серій, є електродні водонагрівачі серії КЕВ, що мають ряд потужностей : 9, 40, 63, 100, 160, 250, 400 і 1000кВт. Живлення також іде від трьохфазної сітки з глухозаземленою нейтраллю, напругою 380/220 В, частотою 50 Гц.

Наступний метод корекції температури – це нагрів і охолодження компресійними тепловими насосами. Тепловий насос включає в себе компресор (1), конденсатор (2), випарник (3). Компресор, використовуючи електричну енергію, стискає газ, що циркулює по замкнутому контурі. Нагрітий в результаті стискання газ віддає тепло воді, що поступає в басейни з рибою. Охолоджений газ в результаті теплообміну з водою

розширюється, надходячи в випарник. В результаті випаровування температура газу знижується. За рахунок теплообміну з навколишнім середовищем випарник підігривається низькотемпературним теплом повітря або води. Теплопотік іде від води або повітря до випарника, температура якого значно нижче температури зовнішнього середовища. Такий режим експлуатації теплового насоса дозволяє на кожний кВт*год електроенергії, затраченої на стиснення газу, отримати 3-4 кВт*год теплової енергії на підігріві води.

Сама складна проблема застосування теплового насоса - це проблема теплообміну між випарником і зовнішнім середовищем в зимовий час при від'ємних температурах повітря. Зазвичай теплові насоси використовуються в рибористві в схемах регенерації тепла із води, що надходить із рибоводних апаратів. Перша сходинка регенерації – передача тепла від рибоводного стоку в холодну воду, що надходить в рибоводні басейни. Друга сходинка – доведення температури води до потрібного значення з допомогою теплового насоса. Успішній реалізації такої схеми перешкоджає осідання в теплообміннику мула і обростання його внутрішніх поверхонь біоплівкою, оскільки вода рибоводного стока насичена продуктами життєдіяльності риб. Компресійний тепловий насос може служити як для нагріву і охолодження води.

Попри перспективність використання відновних джерел енергії (вітрової та сонячної енергії) для нагріву води а також для забезпечення інших потреб господарства, такі системи ще не здобули поширення в Україні. Причинами тому є відсутність державної підтримки з розвитку такої енергетики у галузі та достатньо висока вартість обладнання, що тягне за собою необхідність значних капіталовкладень на початку створення проекту. Вітрова енергетика за сприятливих місцевих умов (середня сила вітрів протягом року, можливість розміщення вітряка) виглядає достатньо перспективною, але наразі не здобула поширення. Використання фотоелектростанцій має обмежену ефективність, оскільки період максимальної потреби у електроенергії співпадає з періодом мінімальної сонячної активності. Водночас, більш потужна станція стикнеться з

проблемою надлишкової енергії, виробленої влітку. Тому на даному етапі розвитку технологій та враховуючи сучасну економічну ситуацію, найбільш доцільним виглядає комбінування методів терморегуляції з урахуванням особливостей місцевих умов та сезонної потреби у обсягах тепла.

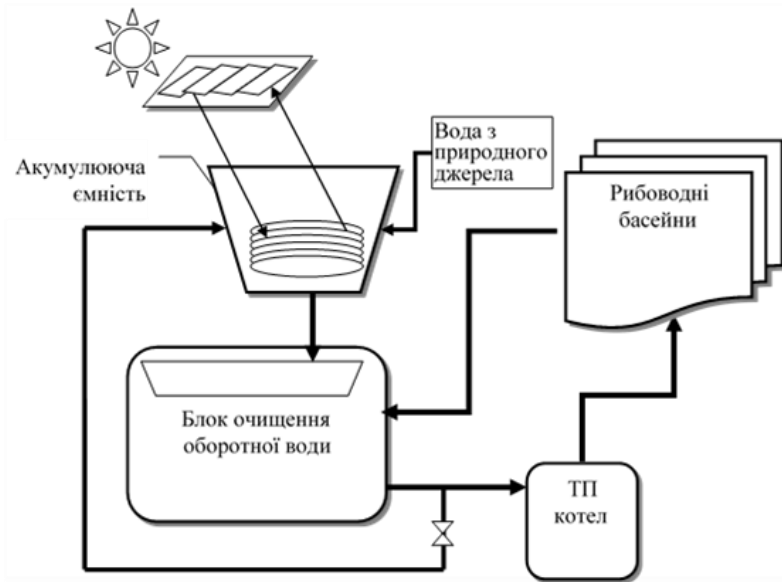


Рис. 4. Комбінована система нагріву води з використанням твердопаливного котла та вакуумного сонячного колектора.

Тема 3. Процеси очищення води для забезпечення вимог гідробіонтів - об'єктів РАС

Обладнання для обробки води призначене надавати воді РАС необхідних для об'єктів аквакультури кондицій якості, змінюючи її фізико-хімічний склад, фізичні показники та мікроскопічне населення.

В аспекті двох основних потоків води, що створюються у будь-якій РАС (рециркуляційна та підживлювальна вода), певної обробки потребуватиме вода із природного джерела водопостачання та вода, що надходить забрудненою із ємностей для риб. Здійснивши аналіз щодо вимог риб до фізико-хімічних показників води та її основного складу, можна зробити висновки про необхідність вилучення окремих домішок із води та корекції окремих фізичних показників.

Таблиця 1. Усереднені вимоги об'єктів РАС до показників забруднення

Показник	Одиниці виміру	Допустимий діапазон	Критичний рівень
Завислі речовини	мг/л	25	>100 (300)
БСК	мг/л	5-20	>20
ХСК	мг/л	25-100	>100
pH	-	6,5-7,5	< 6,2 і > 8,0
Амоній (NH_4^+)	мг/л	0-2,5 (залежно від pH)	> 2,5
Аміак (NH_3)	мг/л	<0,01 (залежно від pH)	> 0,025
Нітрит (NO_2^-)	мг/л	0-0,5	> 0,5 (2)
Нітрат (NO_3^-)	мг/л	100-200 (90)	> 300 (90)
Фосфор (PO_4^{3-})	мг/л	1-20	

Потреба у відновленні якості так званої циркуляційної води обумовлена елементарним фактором її забруднення продуктами життєдіяльності риб та залишками кормів, ростом бактеріальної складової тощо. Токсичні речовини, що поступово накопичуються у замкнутих системах є основною небезпекою при вирощуванні риби. Відповідно, успіх у розведення та вирощуванні риб в РАС повною мірою залежить від належного очищення води, що йде на повторне використання. Отже, обробка води є одним із найбільш важливих компонентів в експлуатації рибницьких установок з оборотним циклом водопостачання.

Враховуючи перераховані вище фактори забруднення води та відхилення її фізико-хімічних показників від норм, а також невідповідність даним нормам параметрів природних джерел водопостачання, можна зробити висновки про необхідність застосування комплексу споруд та обладнання для забезпечення якості води РАС у заданих межах. Оскільки за своїми параметрами підживлювальна вода із природного джерела достатньо суттєво відрізнятиметься від забрудненої води після басейнів, доцільним є відокремлення процесів очищення підживлювальної та рециркуляційної води. Окрім того, об'єми цих двох потоків відрізняються на цілий порядок, адже у високотехнологічних РАС об'єм підживлювальної води становить 3-5% від загальної витрати води у господарстві. Залежно від вмісту та концентрацій основних забруднюючих речовин застосовують ті чи інші методи очищення, реалізовані у спеціальних спорудах або обладнанні.

Забруднення води РАС у процесі вирощування риби можна проаналізувати за наступною схемою (рис. 1). Виділені у воду продукти життєдіяльності риб стають її забрудненнями, які необхідно вилучати із води, щоб забезпечити можливість її повторного використання. Також у тій чи іншій мірі вода постійно забруднюється залишками корму. У процесі експлуатації рибоводної установки в неї неминуче надходить нітроген. Насамперед нітроген виділяється тваринами (у формі аміаку, сечовини, амінокислот і т.д.). Крім того, нітрогенмісткі речовини виділяються в процесі бактеріального розкладання рослин, тварин і залишків корму.

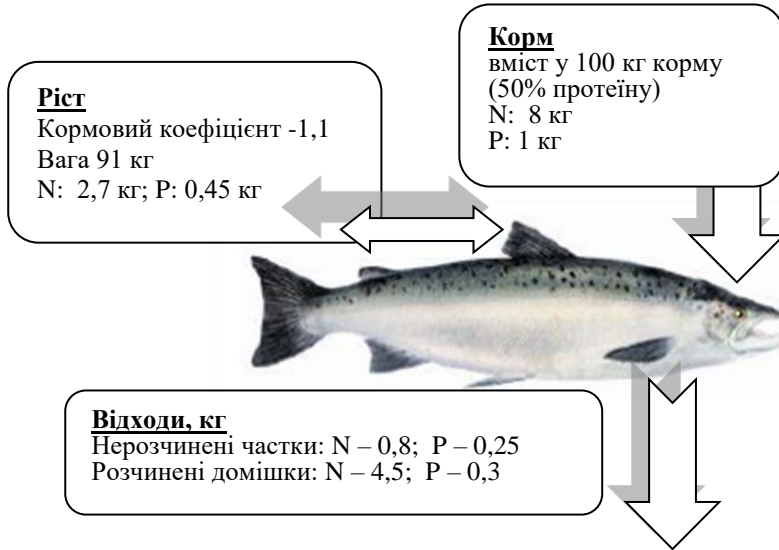


Рис. 1. Аналіз потенційного забруднення води РАС.

Як видно із схеми, кількість забруднення, що потрапляє у систему РАС, буде пропорційна кількості згодованого корму, його якості та особливостям метаболізму риб. Відповідно, у результаті внесення добової норми корму у контур РАС параметри забруднень досягнуть критичної межі, що обґрунтовує необхідність першочергового видалення з води сполук нітрогену та нерозчинених домішок.

Основну масову частку забруднення складає нітроген, що міститься у розчиненому стані (аміак). Приблизно 25% відходів припадає на нерозчинені у воді домішки (фекалії риб, пилоподібні залишки корму), основу яких складає нітроген та фосфор. Саме нітроген та фосфор вважають лімітуючими органічними забрудненнями, наявність яких у воді буде пропорційно до їх концентрації уповільнювати темпи росту риб. Відповідно, очищення циркуляційної води РАС є більш складним та важливим завданням, оскільки від ефективності вилучення

забруднюючих речовин залежатиме результат вирощування риби у замкнутих установках.

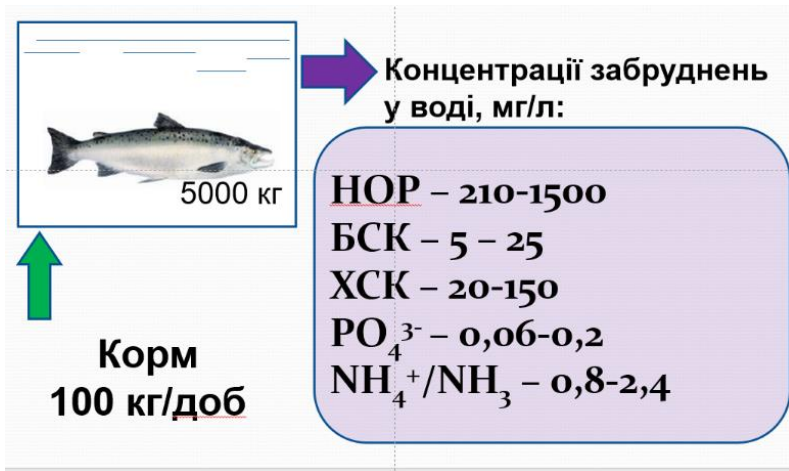


Рис. 2. Прогнозоване забруднення води РАС внаслідок внесення добової норми корму (для форелі вагою близько 1 кг).

Для того, щоб ефективно вилучати із забрудненої води небажані компоненти, необхідно виявити їх природу та особливості. Основні забруднення води РАС згідно класифікації Кульського Л.А. за їх фазово-дисперсним станом становлять гетерогенні зависі (дрібні частки живої та неживої органічної речовини) та гомогенні молекулярні та йонні розчини (розчинена органічна речовина, кислоти, луки та солі). Причому порівняно крупні домішки, що мають властивість швидко осідати, до даної системи можна не включати, оскільки вони видаляються відразу ж із рибницьких систем.

За своєю природою забруднення води рибницьких систем являють собою органічну речовину, частково мінералізовану, що може бути легко окислена. Водночас, певна частка домішок у вигляді аміаку та інших розчинених сполук достатньо важко вилучається із води.

Таким чином, очищення циркуляційної води РАС має полягати насамперед у вилученні розчинених сполук нітрогену, що є найбільш токсичними для риб, а також нерозчинених органічних забруднень, які у процесі розкладу також суттєво погіршують якість води. Відповідно до характеристики таких забруднюючих компонентів має бути підібрана схема їх вилучення із циркуляційної води.

Всі відомі способи очистки води можна поділити на механічні, фізико-хімічні та біологічні. В установках інтенсивного вирощування риби вони можуть використовуватись як кожний окремо, так і в комплексі.



Рис.3. Класифікація методів очищення води індустриальних рибницьких господарств.

Для визначення доцільності використання тих чи інших методів необхідно проаналізувати їх ефективність при вилученні характерних для РАС забруднень, собівартість, екологічну безпеку, технологічність та інші фактори.

Враховуючи особливості реалізації таких методів для потреб рибництва та характеристики домішок, які необхідно вилучити, послідовність реалізації процесів обробки підживлювальної води РАС матиме вигляд, зображений на рис.4. При цьому необхідно зазначити, що вода із природного джерела відбирається безповоротно, у процесі вилучення небажаних

домішок паралельно може відбуватись зміна її фізичних параметрів (температури, насиченості газами та ін.) по суті дана схема відображає ланцюг технологічних процесів, спрямованих на надання води необхідних кондицій якості згідно вимог об'єкта культивування. У більшості випадків собівартість обробки води із природного джерела водопостачання для використання її як підживлювальної є значно нижчою вартості відновлення вихідної якості циркуляційної води. В окремих випадках, у разі відсутності джерела із якісної водою, у схему обробки природної води необхідно включати додаткові методи очищення, що значно здорожує вартість підживлювальної води. Таким чином, частка підживлювальної води РАС буде залежати від наявності природного джерел якісної води, ефективності методів очищення циркуляційної води, схем утилізації відпрацьованих потоків (мул, забруднена вода, осадки) і може коливатись достатньо у широких діапазонах.

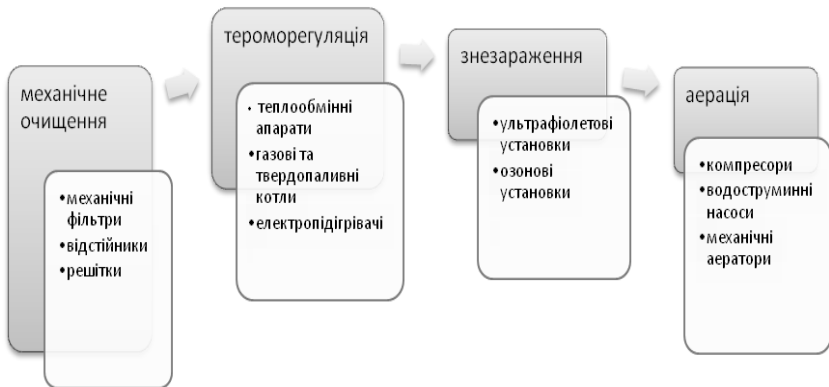


Рис. 4. Послідовність методів обробки підживлювальної води РАС з природних джерел водопостачання

Використання підживлювальної води у господарстві в межах 3-5% від загальної кількості циркулюючої води може говорити про високу ефективність технології обробки циркуляційних потоків, забезпечення жорстких норм з охорони

навколишнього середовища від забруднень чи також про високу собівартість підживлювальної води. Навпроти, господарства що не забезпечені якісними технологіями очищення циркуляційної води, або ті, що мають можливість безперешкодно використовувати якісну воду з природних джерел водопостачання, можуть мати частку підживлювальної води 10-20% і більше. У такому випадку постає питання про наслідки скидання забрудненої відпрацьованої води після використання у рибницьких басейнах. Чи не єдиним фактором, окрім екологічного, що стримує використання прямоточних технологій водокористування та схем із малою часткою циркуляційної води, є вартість підігріву води, - адже будь яке тепловодне господарство змушене витратити значні енергоресурси на нагрівання природної води, температура якої залежно від сезону може значно відрізнятись від необхідного температурного діапазону води басейнів.

Послідовність процесів обробки циркуляційної води за допомогою різних методів зумовлена особливостями домішок води РАС та умовами протікання окремих процесів очищення. У більшості випадків очищенню піддають зібрану у єдиний потік воду з усіх задіяних басейнів, лотків, та інших ємностей. Залежно від вимог гідро біонтів та особливостей протікання окремих процесів очищення у спеціальних спорудах окремі методи можуть бути виключені із схеми обробки води або протікати суміжно із іншими. В загальному процес обробки циркуляційної води у господарствах індустріального типу може відбуватися у послідовності, зображений на рис. 5.



Рис. 5. Послідовність методів очищення циркуляційної води РАС.

Стосовно очищення циркуляційної води РАС доцільно застосовувати термін «регенерація», адже у даному випадку мова йде про відновлення основних показників води до рівня, яким вона характеризувалась на момент надходження у басейн. Зображена послідовність методів може бути дещо видозмінена, особливо якщо у процесі відновлення якості води використовуються комбіновані технології. Водночас, будь-яка технологічна послідовність методів передбачає створення оптимальних умов для проходження процесів відновлення якості води, отримання максимального ефекту очищення при мінімальних витратах матеріалів та енергії.

Тема 4. Споруди механічного очищення води РАС

Одним із найбільш важливих елементів в експлуатації рибницьких установок з оборотним циклом водопостачання є очистка води. Токсичні речовини, що поступово накопичуються у замкнених системах є основною небезпекою при вирощуванні риби. Всі відомі способи очистки води поділяються на механічні, фізико-хімічні та біологічні. В установках інтенсивного вирощування риби вони можуть використовуватись як кожний окремо, так і в комплексі.

Механічні методи очищення використовують як для обробки підживлювальної води із природних джерел, так і для очищення циркуляційної води УЗВ. За допомогою механічних методів із води можна видалити нерозчинені домішки відносно великих розмірів (30мкм-1 см), або спливаючі чи тонучі часточки.

Серед механічних методів видалення нерозчинених включень із води найбільш часто використовують відстоювання, проціджування та фільтрацію.

Метод відстоювання базується на здатності нерозчинених домішок (що не відносяться до завислих часток) осідати у нижні шари води або спливати у верхні залежно від їх об'ємної ваги. Метод відстоювання реалізовано у багатьох конструкціях відстійників, що являють собою споруди у приміщенні РАС або у гідротехнічних спорудах поблизу водозаборів. Забезпечення процесу відстоювання досягається зниженням швидкості течії води у споруді (реакторі) та необхідним часом протікання процесу, який залежатиме від структури домішок води та конструктивних особливостей відстійників. Місткість відстійника повинна бути достатньою для того, щоб значно зменшити швидкість води що в нього надходить. Зі зменшенням швидкості починається випадання зважених речовин. На дні відстійника влаштовується зливний патрубок для видалення осаджених часток та скиду води у разі потреби.

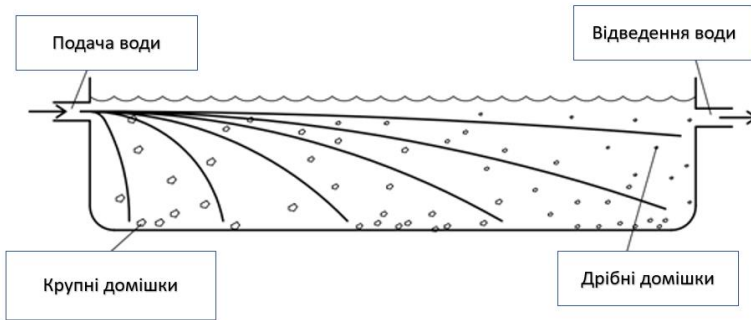


Рис. 1. Схема затримки осідаючих домішок у горизонтальному відстійнику.

Вода повинна надходити у відстійник і виходити з нього поблизу поверхні, щоб вже осаджені домішки не потрапили знов у воду. Впускні та випускні отвори повинні знаходитись якомога далі один від одного, щоб забезпечити максимальний час перебування води у відстійнику.

Використання горизонтальних відстійників для першочергової механічної очистки води малоефективне, оскільки через тривалість процесу (повільний рух води у споруді) необхідні відстійники великих об'ємів, які займають значні площі. Крім того, осад, що накопичується у відстійнику, розкладаючись, викликає повторне забруднення води. Також у відстійниках втрачається тепло, що збільшує витрати на підігрів води у тепловодному господарстві. Тому принцип горизонтального відстійника найчастіше реалізується у гідротехнічних спорудах перед забором води з поверхневого джерела водопостачання.

Вертикальні відстійники порівняно із горизонтальними займають меншу площу. Їх конструкція передбачає подачу води у вертикальному напрямку (донизу) з наступною зміною напрямку руху води угору. Завдяки зміні напрямку руху води, яка проходить обробку, ефективність видалення тонучих часток такими відстійниками вища (важкі домішки по інерції тяжіють до осаджувальної камери).

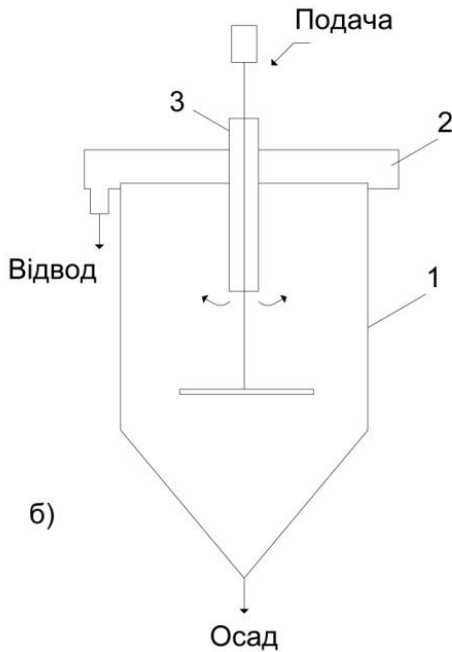


Рис. 2. Схема вертикального відстійника: 1 – циліндричний корпус; 2 – відвідна кишенья; 3 – напрямляюча труба.

Споруди, які отримали назву «гідроциклон» також передбачають відділення домішок з більшою густиною, ніж вода, але вже з використанням відцентрових сил. Дані споруди ефективно показують себе при видаленні доволі крупних та твердих домішок, проте забруднення, що мають здатність до налипання, суттєво ускладнюють роботу гідроциклона. Головною перевагою даної споруди є те, що вона має значно вищу пропускну здатність, ніж горизонтальний та вертикальний відстійники. Проте, при зміні складу та властивостей домішок ефективність роботи виявляється нестабільною, споруда потребує ретельного налаштування по витраті води, адже тут ефективність видалення безпосередньо залежить від відцентрової сили.

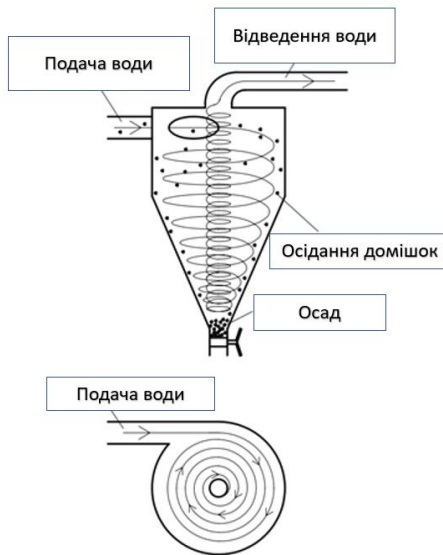


Рис. 3. Схема гідроциклону.

Для процесу проціджування використовуються решітки (гатки) різноманітних конструкцій та розмірів вічка. Суть методу полягає у затримання між ґратками крупних домішок, що містяться у воді. Оскільки розміри таких домішок становлять 2-3 см та більше, процес проціджування доцільно проводити як попередню обробку води перед фільтрацією з метою зменшення навантаження на фільтр та попередження пошкодження насосного обладнання. Решітки можна влаштовувати безпосередньо на лотках або безнапірних подаючих трубопроводах. Похиле розташування решіток (за напрямком течії) дає можливість збільшити її пропускну здатність та покращує умови видалення затриманих часток.

Досить поширені у практиці попередньої обробки води для потреб рибництва барабанні та дискові фільтри працюють за методом проціджування. Барабанні механічні фільтри досить широко використовуються у індустріальному рибництві: їх встановлюють для обробки підживлювальної води з поверхневих джерел водопостачання та для попереднього механічного

очищення циркуляційної води, що надходить з ємностей для вирощування риби. Процес проциджування відбувається у площині цідильної поверхні та потребує постійного відведення затриманих нерозчинених домішок.

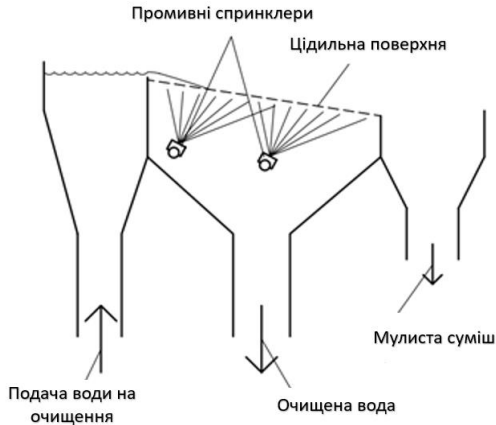


Рис. 4. Принципова схема відділення мулистих домішок у процесі проциджування.

Конструкція барабанного фільтра (Рис. 5) передбачає безперервне видалення у процесі роботи затриманих домішок, що дозволяє працювати споруді без тривалих зупинок на промивку. Підведення води здійснюється з торцевої частини барабану, що обертається. Процес фільтрування відбувається шляхом просочення води крізь сітчасту поверхню барабану, а затримані на внутрішній поверхні частки у процесі обертального руху барабану зрізуються стаціонарним ножом та відводяться назовні. Крупність часток, що затримуватимуться на поверхні, буде залежати від розмірів комірки сітки. Обертання барабану здійснюється завдяки електродвигуну з редуктором.

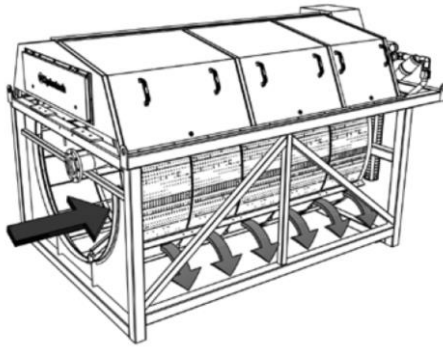


Рис. 5. Барабанный проціджувач «Hydrotech».

Процес очищення відбувається наступним чином (рис. 6): вода, що надходить, потрапляє у внутрішню поверхню барабана (1). За рахунок різниці тисків всередині та зовні сітчастої поверхні барабана вода проходить крізь цідильну поверхню. Тверді домішки залишаються на поверхні (3). Затримані на фільтрувальній поверхні частинки у процесі обертального руху барабану надходять до промивної форсунки (4). Промивна вода разом із змитими частками відводиться від споруди (5).

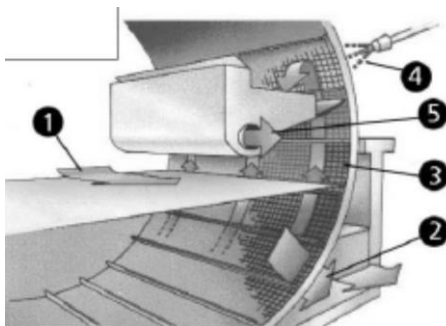


Рис. 6. Схема роботи барабанного фільтра.

За схожою схемою працюють дискові проціджувачі, у яких вода просочується крізь рухомі елементи барабану. Такі конструкції передбачають переривчасте або безупинне обертання дисків. Процес проціджування відбувається завдяки різниці між рівнями воду всередині та зовні барабана. Як і у барабанному фільтрі для вилучення затриманих часток з цідильної поверхні використовується супротивна промивка водою із спеціальних форсунок.

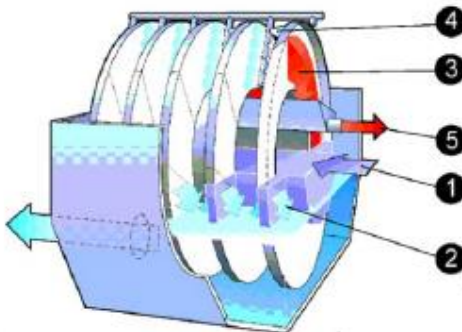


Рис. 7. Схема дискового проціджувача.

Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних систем (суспензій) за допомогою пористих перегородок, які затримують одну фазу(тверду) цих систем та пропускають іншу (рідку). На практиці під час очищення води для потреб рибницьких господарств доводиться мати справу із розділенням суспензії на рідку фазу і вологий осад. Апарат, у якому здійснюється цей процес, називається фільтром. Процес фільтрування здійснюється шляхом пропускання води крізь зернисті, волокнисті або інші матеріали. При фільтруванні води із завислими речовинами вони можуть відкладатись на поверхні або у порах фільтруючого матеріалу. У найпростішому вигляді фільтр – це споруда, розділена фільтрувальною перегородкою. По різні боки перегородки створюють різницю тисків, під дією якої здійснюється транспортування рідини крізь перегородку і затримання на ній осаду. Цей процес розділення суспензії називають фільтруванням із затриманням осаду. Якщо тверді

часточки проникають у пори фільтрувальної перегородки, затримуються у ній, такий процес називається фільтруванням із закупорюванням пор. Фільтрування є ефективним процесом вилучення завислих домішок. У якості фільтруючого матеріалу для механічних фільтрів використовують кварцовий пісок, гравій, гальку, керамзит, пінополістирол, антрацит, синтетичні та натуральні тканини, діатому кришку.

Фільтри із зернистим матеріалом являють собою споруди, що мають шар фільтруючого завантаження, систему для розподілу та збору води.

За конструкцією фільтри бувають відкритими (безнапірними) та закритими (напірними).

За напрямком руху води, що фільтрується: із висхідним потоком, із низхідним потоком та горизонтальні.

Процес механічної фільтрації крізь зернисте завантаження полягає у затримці твердих часток у між зерновому середовищі і може відбуватися за трьома схемами: проціджуванням, осадженням та дифузією (Рис. 8).

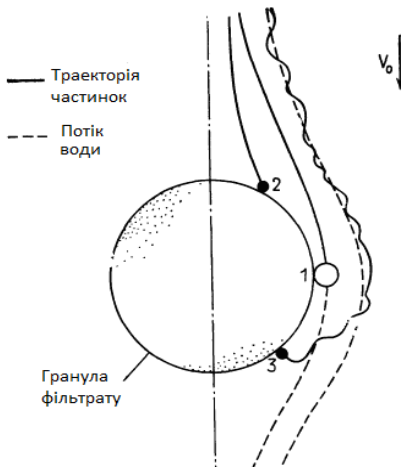


Рис. 8. Схема затримання завислих часток фільтром із сипучим завантаженням шляхом: проціджування (1), осадження (2) та дифузії (3).

Переважатимуть ті чи інші процеси залежно від будови домішок, їх розмірів, умов протікання фільтрації, але у більшості випадків вони відбуватимуться одночасно. Висота фільтруючого шару може становити від 50 см до 2,5 м. Завантаження розміщують на підтримуючих шарах гравію, решітках та ін.

Критеріями вибору зернистого фільтруючого матеріалу є його крупність, форма гранул, гладкість їх поверхні та інші.

Використання інертного матеріалу забезпечує процес механічної фільтрації, водночас при використанні сорбентів у якості зернистого завантаження можна забезпечити паралельне протікання процесів сорбції у фільтрі (Рис. 9).

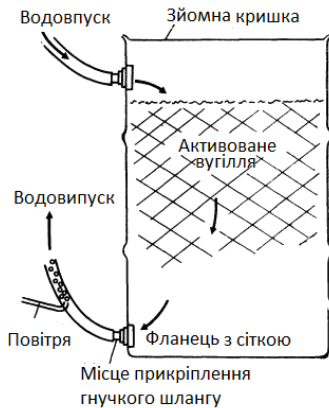


Рис. 9. Схема елементарної фільтрувальної установки із активованим вугіллям

Отже, у процесі фільтрації вода просочується крізь зернисте завантаження, де затримуються нерозчинені домішки. Оскільки фільтруючий шар у процесі роботи фільтра поступово замулюється, у ньому зростають втрати напору та знижується ефективність процесу фільтрації. Таким чином, для відновлення фільтруючої здатності фільтра необхідно здійснювати його промивку, яка може бути водною або повітряно-водною. У процесі промивки із завантаження вилучаються затримані

домішки і фільтр знову може бути включений у робочий режим. Інтервал часу між двома промивками називається фільтроциклом.

Більшість конструкцій фільтрів із зернистим завантаженням передбачають напрямок фільтрування зверху вниз або знизу вгору. Відповідно, забруднена вода подається зверху завантаження, а очищена відводиться із нижньої частини фільтра, і навпаки при фільтруванні у зворотному напрямку.

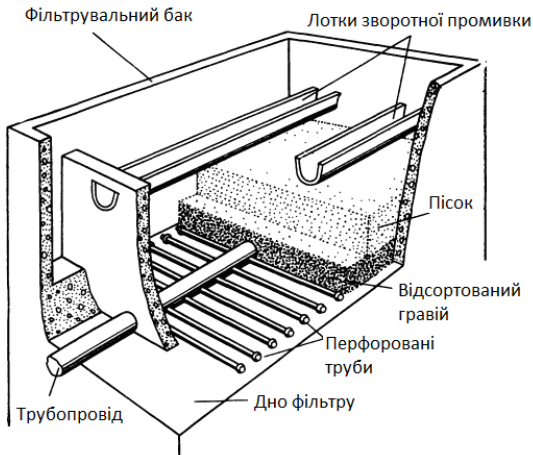


Рис. 10. Піщаний фільтр у розрізі.

Подача води на фільтруюче завантаження відкритих механічних фільтрів передбачає безнапірний режим фільтрації, тобто вода просочується через фільтруючий шар лише завдяки силі гравітації. Для проведення промивки забрудненого фільтруючого завантаження використовують потужний зворотний потік води, який виносить забруднення через систему відводу промивної води. При напрямку фільтрування знизу вгору промивка замуленого фільтруючого завантаження здійснюється у тому ж напрямку, але більш потужним током води та із застосуванням водо-повітряної промивки.

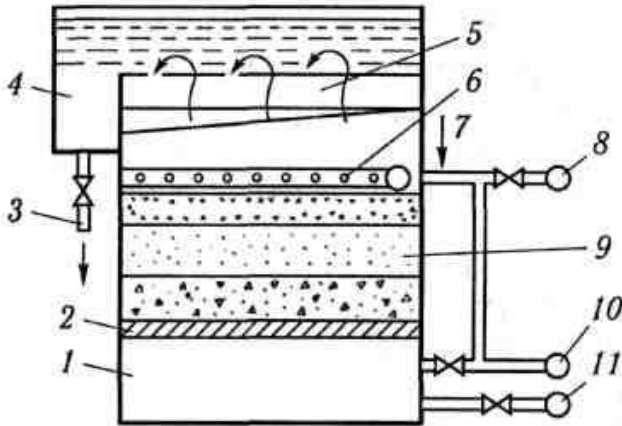


Рис. 11. Контактний фільтр КФ-5: 1 - піддон; 2 - розподільний пристрій з пористого бетону; 3, 10 - відповідно відведення і подавання промивної води; 4 - бічна кишеня; 5 - водозбірні жолоби; 6 - водорозподільна система з перфорованих труб; 7 - введення реагентів; 8, 11 - відповідно подача вхідної і відведення фільтрованої води; 9 - три шари фільтрувального завантаження

Недоліком таких механічних фільтрів є низька продуктивність, необхідність систематичного промивання. Кращі технічні характеристики мають механічні самопромивні фільтри. Напірні механічні фільтри (рис. 12) характеризуються більшою продуктивністю, що дозволяє економити площі під споруди механічного очищення. На відміну від безнапірних, корпус напірних механічних фільтрів є закритим, виготовляють його із сталі.

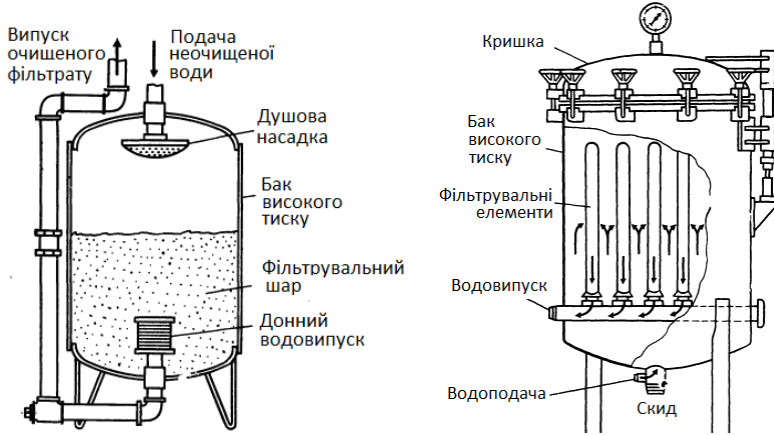


Рис. 12. Конструкції напірних механічних фільтрів.

Для забезпечення безперервного процесу очищення води передбачають паралельне встановлення двох однакових механічних фільтрів. У такому разі один з них буде здійснювати процес фільтрації, тоді як інший в цей час виводиться на промивку та після її завершення очікує на закінчення фільтроцикла працюючого фільтра.

Тема 5. Біологічне очищення циркуляційної води рибницьких господарств із замкнутим циклом водозабезпечення

Для можливості повторного використання води у рибницьких системах із оборотним водопостачанням необхідним є відновлення її основних фізико-хімічних параметрів. Від моменту надходження кожної свіжої порції води у ємкість із рибами відбувається її забруднення, що пов'язано із виділеннями риб, розкладанням залишків кормів, життєдіяльністю мікроорганізмів тощо. Усі забруднюючі речовини, що містяться у воді ємкостей можна поділити на розчинені та нерозчинені, в основному це є органічні азот місткі сполуки. В окремих випадках виникає потреба знизити рівень органічного забруднення у воді для підживлення замкнутих систем, що забирається із поверхневого джерела водозабору. Така необхідність може з'явитись при організації водозабору з поверхневого природного джерела, що характеризується нестабільністю показників у різні періоди року. У більшості ж випадків вилучення із води органічних сполук є обов'язковим технологічним етапом очищення циркуляційної води УЗВ. Ефективність споруд біологічного очищення циркуляційної води фактично визначає той обсяг, який необхідно видалити з системи для підтримки основних показників забруднень в допустимих межах. Отже, наближення коефіцієнта рециркуляції до 99,99% виявляється неможливим, якщо основний обсяг метаболітів риб не видаляється із системи, зокрема – й за допомогою біологічних методів очищення. У замкнутій системі РАС можна прослідкувати чіткий взаємозв'язок між виробничими чинниками. Наприклад, використання кормів низької якості призведе до додаткового забруднення води, що відобразиться на спорудах біологічного очищення (доведеться збільшувати площу для нарощування очисної потужності) або потягне за собою потребу у збільшенні частки підживлювальної води для компенсування додаткового накопичення забруднень. Водночас, ця дія пошириться і на споруди знезараження, і на споруди механічного очищення. Фактично система має знаходитись у

балансі і задачею технолога є обрати найбільш раціональний варіант, тобто той, який забезпечить поставлене завдання при мінімальних витратах.



Рис. 1. Залежність потужності споруд очищення оборотної води РАС від ключових технологічних чинників.

Серед існуючих методів вилучення органічних розчинених та дрібнодисперсних компонентів із води рибиницьких систем найбільш доцільними є біологічні методи очищення. Це пов'язано із відносною простотою апаратного оформлення, низькою собівартістю та екологічною чистотою методів. Природа забруднень циркуляційної води, їх структура та фазово-дисперсний стан передбачають необхідність вилучення та трансформації забруднюючих компонентів. Для будь-якого господарства проблема очищення циркуляційної води включає не лише вилучення із неї основної частини біогенних елементів, а й їх утилізацію. Тому споруди механічного очищення через свої конструктивні особливості та сам спосіб вилучення забруднень

виявляються недостатньо ефективними при обробці циркуляційної води. По-перше, за допомогою їх неможливо вилучити із води розчинені органічні сполуки, які складають близько 75% усього навантаження на систему. По-друге, вилучені механічними фільтрами нерозчинені частки (фекалії, залишки кормів) потребуватимуть подальшої обробки, адже вони здатні до загнивання. Тому після вилучення таких забруднень із контуру циркуляційної води господарство стикається із проблемою їх утилізації. Окрім того, такі споруди як барабанні чи дискові механічні фільтри, характеризуються вилученням із води не сухої речовини, а по суті концентрованої суспензії із забруднень, що відводиться від споруди внаслідок роботи промивних форсунок фільтрів. Влаштування відстійників для видалення тонучих домішок має ще більш суттєві недоліки. Її тут проблема утилізації утворених осадів залишається актуальною, апаратне забезпечення процесу вимагатиме відведення значних площ та буде характеризуватись значними тепловтратами, адже мова йде про обробку води, яка надходить із басейнів з рибою. Виключення у такому випадку може становити лише холодноводна аквакультура за умови наявності достатніх площ під організацію відстійників.

Головними перевагами методів біологічного очищення при обробці циркуляційної води УЗВ є те, що у процесі реалізації таких методів відбувається не лише вилучення, а й трансформація забруднюючих речовин. Біологічне очищення відбувається внаслідок життєдіяльності гідробіонтів, що є мікробіоценозом споруд біологічного очищення. По своїй суті такі процеси є ідентичними процесам самоочищення будь-якої природної водойми. Відповідно апаратне оформлення методів біологічного очищення має забезпечувати протікання у спорудах процесів трансформації та вилучення біогенних елементів у процесі життєдіяльності біоценозу споруди. Азотмісткі відходи поступово перетворюються в аміак, що шляхом нітрифікації переходить у нітрати через нітрити NO^{2-} . Цей процес здійснюється аеробними бактеріями. Бактерії *Nitrosomonas* забезпечують перетворення аміаку в нітрити, а *Nitrobacter* - нітритів у нітрати. У замкнутих циркуляційних системах, де

відсутні фотосинтезуючі організми, концентрація нітратів може виявитися надмірно високою. Для вилучення останніх з обороту можливо вдається до використання анаеробних процесів або часткової підміни води. В анаеробних процесах беруть участь бактерії *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* та ін. Для свого дихання ці бактерії використовують кисень, що міститься в нітратах і тим самим звільняють азот, що виходить із системи у формі газу. Для ініціації процесу денітрифікації, концентрація кисню повинна бути не більше 2 мг/л.

Вище описані процеси можуть відбуватися в ємкості самі собою, як це відбувається в природних водоймах, але самоочисна потужність води придатної для життя риб невелика - 0,03 мгO₂/(л·год). Тому забезпечити повноцінні умови існування для риб, не влаштовуючи спеціальної очисної системи, можна лише надавши їм об'єм води, що буде здатний переробляти в нетоксичні сполуки відходи життєдіяльності.

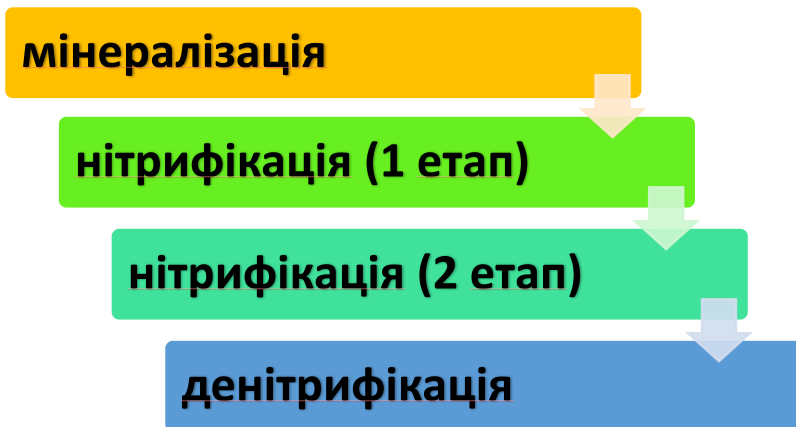


Рис. 2. Послідовність процесів біологічної трансформації основних забруднень при очищення води УЗВ за класичними технологіями

Методи біологічного очищення у сучасному апаратному оформленні та відповідно до характеристик біоценозу умовно розділяють на напрямки: метод активного мулу та метод біоплівки.

Активний мул – це біоценоз мікроорганізмів, що знаходиться у зваженому стані, і має вигляд нещільних пластівців. Утворення активного мулу відбувається через те, що всі види бактерій за певних умов можуть утворювати скупчення завдяки склеюванню їхніх капсул (зооглейні скупчення тут не є причиною). Пластівці активного мулу мають розмір 1-10 мм. Примітною особливістю активного мулу є дуже розвинена поверхня, на 1 гр. мулу доводиться $1 \cdot 10^{12}$ бактерій із сумарною поверхнею 1200 м^2 . Очищення води відбувається завдяки сорбції забруднень на поверхні пластівця із подальшим їх окисненням. Оскільки пластівці знаходяться у постійному русі, постійно відбувається надходження до них нових органічних сполук. Метод очищення активним мулом реалізовано у аеротенках, окислювальних каналах, контактних резервуарах, окситенках та ін.

Аеротенк – це система, що складається з ємності й блоку барботажу води. Очисним агентом тут є активний мул, що циркулює по ємності в заданому режимі. Сама ємність влаштовується таким чином, щоб весь об'єм поступаючої у неї води ефективно перемішувався з активним мулом, не утворював застійних зон і добре збагачувався киснем. Потрапивши в такі умови анаеробні бактерії гинуть, а аеробні включаються до складу активного мулу. Для створення такого режиму необхідно забезпечити постійну аерацію води і стабільне надходження органічної речовини. Остання умова необхідна для того, щоб не створювалися екстремальні ситуації (наприклад, нестача або надлишок поживних речовин), оскільки це неминуче відіб'ється на біоценозі активного мулу. Після того як активний мул переробить поживні речовини, що надійшли до нього, він повинен бути відділений від очищеної води й повернутий до початку свого шляху, де він знову вступить у реакцію з органічними речовинами. Для відділення мулу від очищеної води

влаштується сепаратор або відстійник, де мул осідає на дно й перекачується в аеротенк.

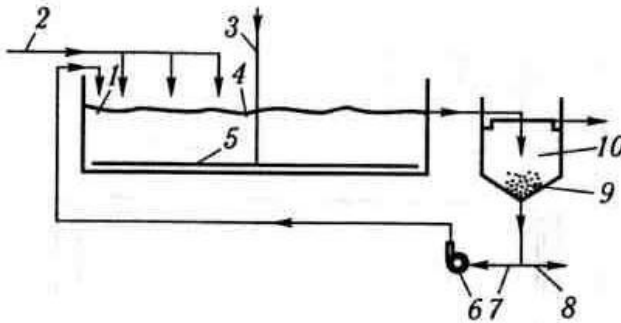


Рис. 1. Типова схема біологічного очищення води в аеротенку: 1 – подача зворотного активного мулу; 2 – подача води на очистку; 3 – подача стисненого повітря; 4 – робоча камера аеротенку; 5 – система розпилення повітря; 6 – насос (ерліфт); 7 – зворотний «активний мул»; 8 – надлишковий «активний мул»; 9 – винесений із аеротенка «активний мул»; 10 – вторинний відстійник.

Тривалість перебування води у аеротенку становить залежно від ступеня забруднення води та бажаного ефекту очищення 4- 48 годин. У зв'язку із цим для очищення води із рибницьких ємкостей необхідні значні об'єми аеротенків, що призводить до ряду недоліків такого методу біологічного очищення: громіздкість споруд, наявність циркуляційних потоків (зворотний «активний мул»), втрата тепла нагрітої води, що надходить на очищення. Тому у індустріальному рибництві класичні аеротенки використовуються рідко. Частково ці недоліки усунуто у інших конструкціях споруд з очищення води методом активного мулу. Наприклад, у конструкції окситенка передбачено відділення надлишкового мулу, процес очищення інтенсифіковано за рахунок подачі технічного кисню. У разі

забезпечення аерації рибницьких ємкостей технічним киснем доцільним є влаштування саме таких споруд.

Метод активного мулу може бути реалізовано також і у анаеробних умовах. Цей процес набуває виключно важливого значення, оскільки в анаеробних умовах здійснюється денітрифікація нітритів, що утворюються у біофільтрі як кінцевий продукт трансформації амонійного нітрогену нітробактеріями.

Біофільтр – це система, що складається із субстрату для закріплення, мікроорганізмів. Функція біологічного фільтра - перетворення й вилучення з обороту розчиненої органічної речовини. Для організації біофільтра необхідно забезпечити транспорт поживних речовин (азотних сполук розчинених у воді) до колонії мікроорганізмів і надходження кисню в тіло субстратного завантаження. Потрапивши в біофільтр, брудна вода вступає в контакт із біоплівкою, у результаті чого відбувається перша фаза очищення - адсорбція органіки на біоплівці. Якщо вода проходить через субстрат біофільтра безупинно, то процес адсорбції й наступний за ним етап - окиснення, ідуть постійно й паралельно один одному. При циклічній подачі води ці процеси розділяються на два послідовних. Перший буде йти інтенсивно при фазі зрошення, а другий при фазі вентиляції. Для обробки забруднень, що надійшли, потрібний певний час, що буде залежати від кількості подаваного кисню. Якщо кисень надходить у біофільтр із забрудненою водою, то окиснення адсорбованих сполук відбувається за 1-2 години. При забезпеченні дихання біофільтра киснем з повітря, на окислювання адсорбованих речовин потрібно близько 12 хвилин. Отже, збільшити продуктивність біофільтра можна не тільки збільшуючи його розміри, але й збільшуючи доступ кисню до біоплівки.

Використання закріпленої мікрофлори дає можливість уникнути необхідності повернення частини винесеної біомаси (активного мулу) у реактор і тим самим зменшити енерговитрати на перекачування стічних вод. Оскільки ценоз біоплівки має більшу різноманітність порівняно з мікрофлорою та

мікрофауною аеротенків, при очищенні стічних вод на біофільтрі можливо досягти більш високих кондицій якості.

Біологічна плівка являє собою біоценоз мікро- та макрофлори, що знаходиться у закріпленому стані та має вигляд обростань на поверхні субстрату. У якості фільтруючого субстрату використовується будь-який інертний носій штучного або природного походження. Процес нарощування та оновлення біоплівки відбувається безперервно під дією біологічних процесів усередині неї та гідравлічного навантаження на споруду.

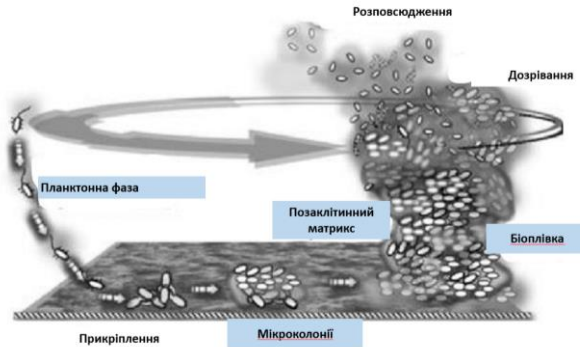


Рис. 2. Процеси нарощування та оновлення біоплівки у біофільтрі.

Біофільтри, як правило, мають значно вищу окислювальну потужність, ніж аеротенки. У процесі життєдіяльності частина біоплівки відпадає від субстрату та виноситься током води, тому після біофільтра необхідно забезпечити видалення винесеної біоплівки. Це може бути забезпечено шляхом влаштування відстійника або при використанні біофільтрів, у яких конструктивно передбачена зона затримки та вилучення винесеної біоплівки.

У якості фільтруючого матеріалу (субстрату) для біофільтрів використовують як природні, так і штучні матеріали. Оскільки окисна потужність біофільтра буде прямо пропорційно залежати від зовнішньої поверхні субстрату, найбільш ефективним є

завантаження біофільтра полімерними насадками із розгалуженою площею поверхні (блоки, кільця, шари і т.п.). також важливим є об'єм вільного простору, який фактично становить об'єм, що може бути зайнятий водою у засипаному фільтруючим завантаженням біофільтрі. Окремі елементи фільтруючого завантаження дозволяють створити у біофільтрі 90-95% корисного об'єму, що призводить до значної економії площ на споруди біологічного очищення. Площа робочої поверхні полімерного фільтруючого завантаження залежно від типу та розмірів може становити $100-1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Необхідний об'єм субстрату біофільтра залежить від кількості риб, що складають органічне навантаження на рибоводну систему. Поперечний переріз фільтруючого шару визначається гідравлічним навантаженням на фільтруючий блок, яке визначається як об'єм води, що проходить за одиницю часу крізь одиницю площі (об'єму) біофільтра. Товщина фільтруючого шару є похідною швидкості води й вмісту в ній кисню. Чим більше швидкість води, що проходить через біофільтр і вище концентрація розчиненого кисню, тим більш товстий шар фільтруючого матеріалу перебуває в умовах аеробного дихання. Біологічна фільтрація в практиці відновлення якості води влаштовується наступним етапом після механічного очищення. Попереднє механічне очищення дозволяє видалити з водного потоку зважену речовину, що забиває тіло біологічного фільтра й тим самим перешкоджає його ефективній роботі.

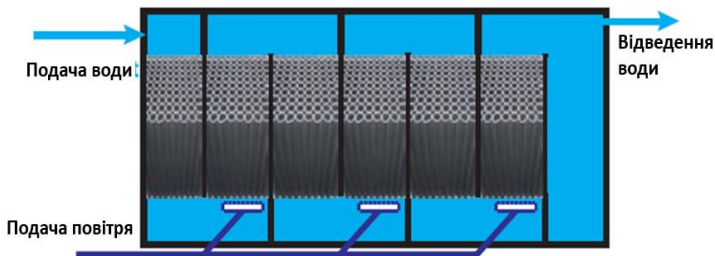


Рис. 3. Біофільтр з нерухомим завантаженням із висхідним потоком води

Серед біореакторів із нерухоною біоплівкою для очищення циркуляційної води УЗВ найбільш широко використовуються наступні конструкції: краплинні (зрошувані), занурені, дискові, барабанні, біофільтри-відстійники та ін.

Схема фільтрації у напрямку знизу уверх (занурене фільтруюче завантаження) реалізована у біофільтрах марки AquaMAK I, за принципом краплинного біофільтра працюють установки біологічного очищення серії AquaMAK II.

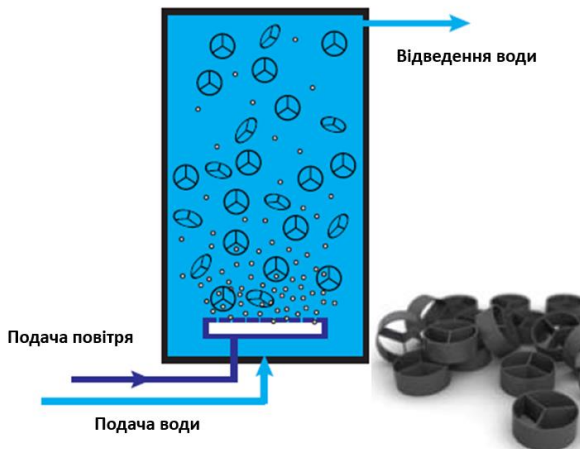


Рис. 4. Біофільтр із псевдозрідженим шаром

Основною перевагою псевдозрідженого шару завантаження є надійна робота споруди без ризику замулення. Водночас, такі споруди потребують влаштування системи аерації, адже на відміну від краплинного фільтра, вони працюють як затоплений біофільтр. Розміри основних технологічних складових цих фільтрів уніфіковані, що дозволяє легко нарощувати блок біологічного очищення у разі зростання обсягів виробництва, змінювати умови протікання процесу фільтрування. Відмінністю між серіями AquaMAK I та AquaMAK

II полягає лише у наявності в другій системі для розподілення води, що надходить на очищення.

Таблиця 1. Технічна характеристика установок AquaMAK I, II

Висота, мм	Діаметр, мм	Витрата води при гідравлічному навантаженні, м ³ /(м ² ·год):		Об'єм фільтруючого матеріалу, м ³
		50	100	
2000	1000	40	157	1,18
3000	1000	40	157	1,96
2000	1500	88	350	2,65
3000	1500	88	350	4,42
2000	2000	157	625	4,71
3000	2000	157	625	7,85
3000	2400	226	900	11,3

Комбінована схема може передбачати фільтрування спочатку в одному напрямку, а потім в іншому. Переваги даного методу полягають створенні належних умов для аерації завантаження на другому етапі (зверху донизу) та одночасному ефективному використанні об'єму завантаження на першому (знизу уверх). Одним із варіантів конструктивного рішення даної схеми можуть бути системи комбінованого фільтрування AquaMAK III.

Таблиця 2. Технічна характеристика установок AquaMAK III

Розміри, мм			Витрата води, м ³ /(м ² ·год)	Кількість блоків, шт	Заг. об'єм фільтруючого матеріалу, м ³
Висота	Довжина	Ширина			
2000	2000	1000	65	2	2,8
2000	3000	1000	100	2	4,2
2000	4000	1500	200	2	8,4
2000	4000	1500	260	2	11,2
3000	5000	2000	330	2	21,0
3000	6000	2000	400	2	25,2

Найкращий ефект очищення циркуляційної води можна отримати при використанні так званого методу біоконвейєра, що дозволяє реалізувати у ланцюгу окремо розташованих споруд (рідше – у одній споруді) просторову сукцесію організмів – очисних агентів. Одним із варіантів ефективної та економної схеми біологічного очищення циркуляційної води рибницьких ємкостей є влаштування так званих мочар або систем вирощування рослин за принципом гідропоніки. Таким чином рослини та інші організми біоценозу вилучають органічні сполуки із води, що проходить крізь завантаження.

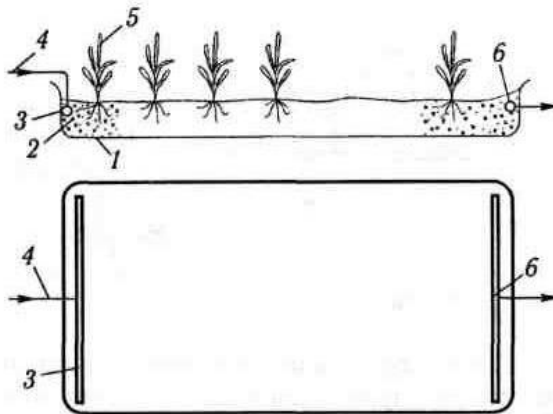


Рис. 5. Схема ветланда (мочари): 1 – водонепроникла плівка, 2 – субстрат; 3 – розподільний трубопровід; 4 – подача води на очищення; 5 – повітряно-водні рослини; 6 – трубопровід збору очищеної води.

У літній період дані споруди здатні ефективно забезпечувати процес очищення, не займаючи цінну виробничу площу у приміщенні РАС, проте з настанням холодів темпи процесів уповільнюються і зрештою припиняються повністю взимку. Тому в Україні такі технології перспективні лише як комбіновані рішення, що передбачають наявність повноцінних очисних споруд у приміщенні РАС.

Тема 6. Знезараження води в РАС.

1. **Обладнання для озонування води**
2. **Обладнання для ультрафіолетового опромінення**

Культивування риб так чи інакше потенційно пов'язане з небезпекою виникнення заразних хвороб. Проте, процеси знезараження води широко застосовуються лише у рециркуляційних аквакультурних системах. Це пов'язано з тим, що лише в умовах РАС знезараження води є економічно доцільним. У господарство із замкнутою системою водозабезпечення збудники хвороб можуть потрапити із підживлювальною водою (у разі водозабезпечення із поверхневих джерел); із живими кормами для молоді, що виловлюються у природних водоймах; із живою рибою, що ввозиться у господарство (плідники для селекційної роботи).

З методик, що застосовуються у практиці водопідготовки, у рибницьких господарствах найбільш доцільно використовувати наступні: озонування, обробка ультрафіолетовим промінням та ультразвуком, магнітно-резонансна та термічна обробка. Хімічні методи знезараження із застосуванням хлормістких сполук чи інших реагентів не набули поширення через негативний вплив остаточних концентрацій засобів дезинфекції на риб. Вибір конкретної методики та апаратного забезпечення ґрунтується на схемі водозабезпечення, видах риб та потужності ферми, технології очищення оборотної води та місцевих особливостях.

1. Озонування води. Знезаражуюча дія озону полягає у високій окисній здатності, що обумовлена легкістю віддачі активного атома кисню. Таким чином, озон виступає потужним окисником, дія якого на споруутворюючі бактерії у 300-600 разів сильніша, ніж дія хлору. Обробка очищеної циркуляційної води озоном сприяє швидкому загоєнню поранень та пошкоджень плавців, попереджає розвиток на ранах патогенної мікрофлори.

Озон - газ блідо-фіолетового кольору. При температурі - 119°C озон перетворюється в нестійку рідину темно-синіх кольорів. Озон важчий за повітря. Коефіцієнт розчинності у воді при температурі 0° - 0,49, при температурі 20° - 0,29.

Знезаражуюча дія озону заснована на високій окисній здатності, обумовленою легкістю віддачі їм активного атома кисню ($O_3=O_2+O$). У кислотних розчинах озон проявляє більшу стійкість. У чистому сухому повітрі він розкладається дуже повільно.

Озон одержують пропусканням повітря або кисню через електричний розряд високої напруги. Для організації процесу одержання озону влаштовують розрядну камеру. У камері електричний розряд проходить через шар діелектрика, повітря й знову діелектрика. Безпосередньо в шарі повітря розрядної камери й відбувається утворення озону. Від величини зазору між шарами діелектрика залежить продуктивність озонатора.

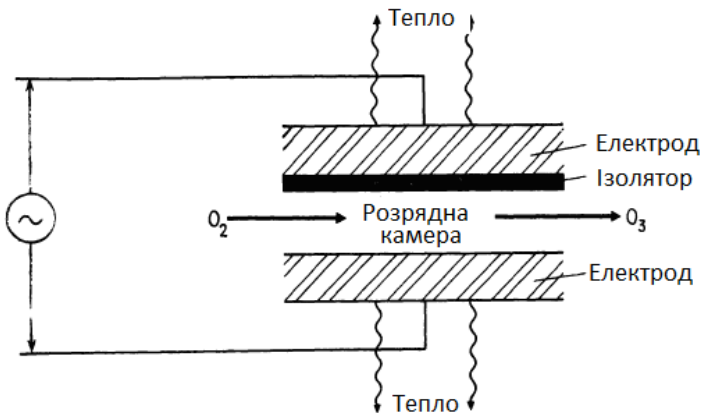


Рис. 1. Схема отримання озону способом тихого розряду.

Ефективність дії озону як дезінфікуючого агенту залежить від тривалості контакту із водою та залишкової його концентрації у воді. Таким чином, важливим елементом схеми знезараження води озonom є змішувачі (контактні резервуари), що забезпечують перехід озону у воду. На ефект знезараження води озonom впливають також кольоровість та мутність. Наприклад, для одержання бактерицидного ефекту при мутності 5 мг/л необхідно 2 мг/л озону, при 10 мг/л - 3,6 мг/л, при 50 мг/л - 6,4 мг/л й, нарешті при 100 мг/л - 9,6 мг/л озону. Збільшення

кольоровості у два рази приводить до збільшення бактерицидної дози озону - нетто в 2,9 - 1,6 рази.

При визначенні ефективності знезаражування води при різній вихідній кольоровості виявлено, що на початку озонування кількість бактерій знижується незначною мірою, тому що озон витрачається на окислювання гумінової кислоти, що приводить до значного зниження кольоровості. Повне знезаражування води спостерігається при зниженні кольоровості до 8,6-10,4°. Порівняно із бактеріями паразитичні найпростіші та інші порівняно крупні збудники виявляються більш стійкими до дії озону. У процесі обробки води озоном окрім зниження чисельності мікрофлори відбувається зменшення БСК та ХСК, зростання прозорості води.

Добові витрати озону в установках замкнутого циклу становлять близько 2 г на 1 кг корму. Якість циркуляційної води після проходження очищення може змінюватись протягом доби, що пов'язано із процесами годівлі, особливостями протікання процесів біологічного очищення. Відповідно, у різні періоди для знезараження води необхідною буде різна кількість розчиненого озону. Тому виникає потреба у регулюванні кількості газу, що розчиняється у воді, адже надлишкові концентрації озону можуть викликати загибель риби у басейнах. Регулювання дози відбувається у процесі контролю окислювально-відновлювального потенціалу води. У аквакультури залежно від потужності господарства на напрямків діяльності застосовують широкий спектр установок для озонування води.

Класичні установки для озонування води включають озонатор із пристроєм для сушіння повітря, озонний реактор (камера змішування), вентиляційний компресор, лічильник витрати води, регулюючі пристрої, пристрої для нейтралізації залишкового озону. Значна частина електричної енергії у озонаторах тихого розряду перетворюється у теплову, тому необхідно забезпечити охолодження газу, що подається на обробку. Як видно зі схеми, найбільш важливими у процесі виробництва озону є питання підготовки повітря (сушіння та очищення), відведення надлишкового тепла та забезпечення розчинення отриманого озону у воді.

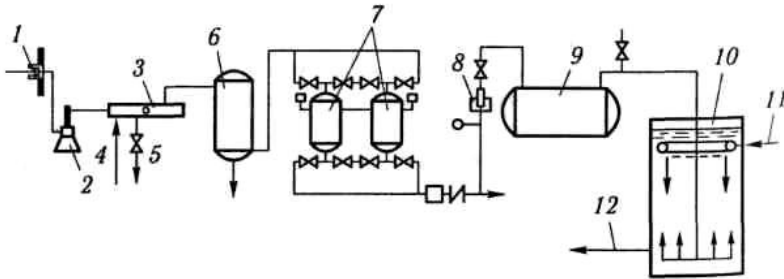


Рис. 2. Установа озонування води: 1 - повітряний фільтр; 2 - повітрорудка; 3 - водяний теплообмінник; 4, 5 - відповідно подача та відведення охолоджувальної води; 6 - фреонова охолоджувальна установка; 7 - вологопоглинальні фільтри; 8 - витратомір; 9 - озонатор; 10 - контактний резервуар; 11, 12 - відповідно подача вихідної і відведення озонованої води.

При використанні технічного кисню для отримання озону проблема підготовки повітря зникає. Надлишкове тепло з метою підвищення енергоефективності завдяки встановленим теплообмінникам використовується для сушки та підігріву повітря, також воно може бути використане для нагріву води у ємностях з рибою. Для розчинення отриманого озону у воді використовують споруди різних конструкцій. У більшості випадків вони являють собою камери реакції, куди подається дрібнодистергований газ та проточна вода. Відповідно, ефективність розчинення озону у воді буде залежати від фізико-хімічних параметрів води (температура, розчинені гази і т.п.), гідралічного режиму споруди, розмірів пухирців газу та ін. Підбір установок для озонування води в УЗВ здійснюється за потужністю за озном ($\text{гO}_3/\text{год}$) або за пропускною здатністю установки ($\text{м}^3/\text{год}$).

Установки Fresh-skim та HELGOLAND характеризуються конструктивними особливостями, що дозволяють забезпечувати швидкий перехід озону у воду. Введення озону відбувається у піновідділювальних колонках (флотаторах). Завдяки цьому значно зменшується об'єм реактора, час контакту озону із водою

становить 1-1,5 хв. у флотаторах відбувається також затримання дрібних органічних завислих часток, бактерій та водоростей.

Технологія отримання озону є порівняно простою, але існують чинники, які обмежують використання озону у рибницьких господарствах. Оскільки більша частина електричної енергії у камері утворення озону переходить у теплову, необхідно забезпечити охолодження повітря, яке подають до камери. Залишковий озон, що виходить в атмосферу, може накопичуватися в закритих приміщеннях й, якщо в них перебувають люди, становить небезпеку для їхнього здоров'я. Необхідно або обладнати систему нейтралізації озону, або використати його в приміщеннях, де люди не працюють. Технологія одержання озону висуває певні вимоги і до якості вихідної сировини. З повітря, яке використовується для отримання озону, необхідно видалити пилоподібні домішки та вологу. Озон є досить нестабільною речовиною, що ускладнює підтримання його остаточних концентрацій у обробленій воді, його окислювальна здатність витрачається не тільки на живі організми, а й на органічні сполуки, що містяться у воді. Це означає, що при зміні обсягів забруднень оборотної води можуть виникнути ускладнення у роботі РАС через високі залишкові концентрації озону, небезпечні для риб, або зниження ефективності знезараження через занадто малу дозу озону. Водночас, залишкова дія озону, яка дозволяє покращувати санітарно-гігієнічний стан ємностей і водопровідного обладнання, можливість окиснення озonom розчинених органічних сполук, що містяться у воді після споруд механічного та біологічного очищення, є беззаперечною перевагою методу озонування. За окремими даними відомо, що озон також доцільно застосовувати з метою позбавлення м'яса риб з родини сомових побічних запахів, які здатні суттєво знижувати якість продукції рибницьких господарств із замкнутим циклом водозабезпечення.

Потужні окисні властивості озону дозволяють використовувати його також для окиснення органічних сполук, які важко розкладаються біоспільнотою очисних споруд та мають внаслідок цього тенденцію до накопичення в оборотній воді. У такому випадку споруди з озонування води встановлюють як на

вводі підживлювальної води з поверхневого джерела, так і після блоку очисних споруд.

Отже, установки озонування, що характеризуються порівняно високими капітальними та експлуатаційними витратами і потребують постійного нагляду та обслуговування, можуть розглядатися як економічно доцільний варіант при необхідності обробки великих об'ємів циркуляційної води. Ще одним чинником, що може сприяти вибору методу озонування для знезараження води, є використання у господарстві технічного кисню для аерації, адже ефективність роботи озонаторів при використанні чистого кисню зростає у декілька разів. Також важливим фактором, що сприяє вибору методу озонування, є використання у схемі доочищення циркуляційної води методів флотації. Таким чином, процес знезараження поєднується у одній споруді (флотаторі) із вилученням біогенних елементів, що дозволяє спростити схему обробки циркуляційної води та знизити витрати.

2. Знезараження УФ-опроміненням відноситься до найбільш поширених способів знезараження води у рибництві. Бактерицидна дія ультрафіолетового проміння встановлена наприкінці XIX ст. Як джерело ультрафіолетового проміння використовують переважно ртутно-кварцові лампи високого тиску та ртутно-аргонові лампи низького тиску. Інактивація мікроорганізмів відбувається ультрафіолетовим опроміненням (у спектрі з довжиною хвилі 200 - 300 нм.) за рахунок фотохімічних реакцій нуклеїнових кислот усередині клітини організму. Реакція відбувається миттєво безпосередньо у камері. Таким чином, ефект знезаражування заснований на прямому згубному впливі ультрафіолетових променів на білкові колоїди й ферменти протоплазми мікробних кліток. Ультрафіолетові промені впливають не тільки на звичайні бактерії, але й на спорові організми й віруси. Порівняно крупні організми більш стійкі до дії ультрафіолету. Обробку ультрафіолетом здійснюють за умови, що вода має малу кольоровість і не містить колоїдних і зважених речовин, що поглинають і розсіюють ультрафіолетові промені. Ефективність знезараження залежить також від розмірів організмів, інтенсивності опромінення та глибини проникнення

променів у воду. Величина розрахункового бактерицидного потоку залежить від типу ламп. Промислові установки обладнуються лампами потужністю від 30 до 6000 Вт.

У рибництві застосовують наступні типи установок: установки для зниження кількості мікроорганізмів без точного визначення продуктивності чи інтенсивності опромінення та установки, що знижують кількість вірусів і бактерій мінімум на 10^{-4} з інтенсивністю опромінення близько 400 мДж/м². Перший тип установок доцільно використовувати у господарствах із мінімальним ризиком занесення збудників хвороб у басейни, що використовують воду із підземних джерел. Установки другого типу характеризуються більшою ефективністю знезараження, але й менш економічні. Тому в окремих випадках для обробки підживлювальної води використовують другий тип, а для обробки циркуляційної – перший.

Існують дві основні конструкції установок для обробки води ультрафіолетовим промінням: занурені та поверхневі. Поверхневий стерилізатор складається із батареї ламп із рефлектором, які розташовуються над неглибоким проточним лотком.

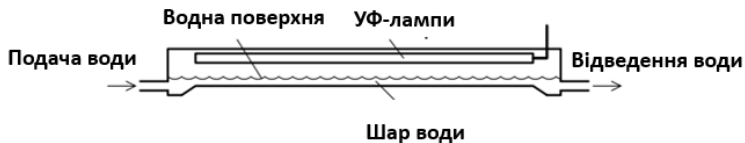


Рис. 3. Схема поверхневого УФ-стерилізатора.

У занурених стерилізаторів лампи розташовуються під рівнем води. У більшості випадків занурені лампи поміщають у водонепроникний корпус із кварцового скла, яке створює повітряний прошарок. Окрім захисної механічної функції, такий корпус попереджає остигання поверхні лампи та забезпечує роботу у наближеному до оптимального температурному режимі (близько 40,5°C). Перевагами занурених стерилізаторів порівняно із поверхневими є більший ККД, можливість

влаштування безпосередньо у трубопроводі або водовідвідному лотку.

Ультрафіолетові установки досить прості у виготовленні та експлуатації. Необхідно стежити за забрудненням поверхні колби УФ-лампи та своєчасно її очищати. Окремі конструктори стерилізаторів передбачають системи автоматичного очищення поверхні ламп. Ресурс корисної роботи ультрафіолетових ламп складає від 6000 до 8000 годин, у подальшому їх ефективність знижується, що вимагає заміни ламп на нові. Перевагами методу ультрафіолетового опромінення є простота регулювання інтенсивності опромінення, економічність та надійність роботи установок.

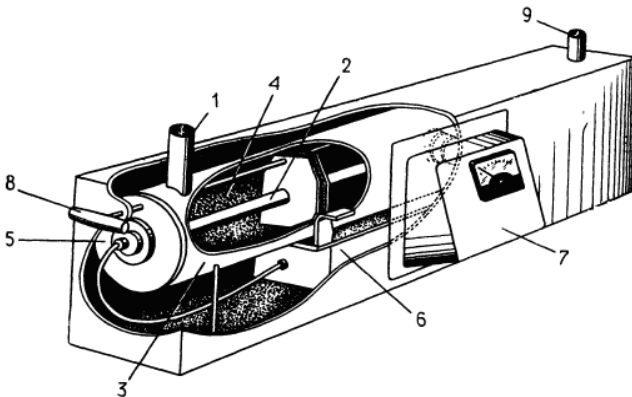


Рис. 4. Схема ультрафіолетового стерилізатора із зануреними лампами: 1 – подача води; 2 – лампа; 3 – корпус із кварцового скла; 4 – дезинфікуюча камера; 5 – патрон лампи; 6 – електронний баласт; 7 – лічильник інтенсивності опромінення; 8 – ручний скребок; 9 – випуск води.

При порівняно невеликих витратах циркулюючої води можливо влаштовувати ультрафіолетову обробку безпосередньо у трубопроводі чи підвідному лотку. Вони можуть ефективно експлуатуватись як у напірному, так і у безнапірному режимах (Рис. 5).



Рис. 5. Напірний стерилізатор із зануреними лампами «Водограй»

У разі необхідності обробки значних об'ємів води доцільним є влаштування спеціальних басейнів (камер знезараження), безпосередньо у які встановлюються батареї із ультрафіолетових ламп. Таким способом можливо обробляти воду при витраті від 2 до 100 л/с.

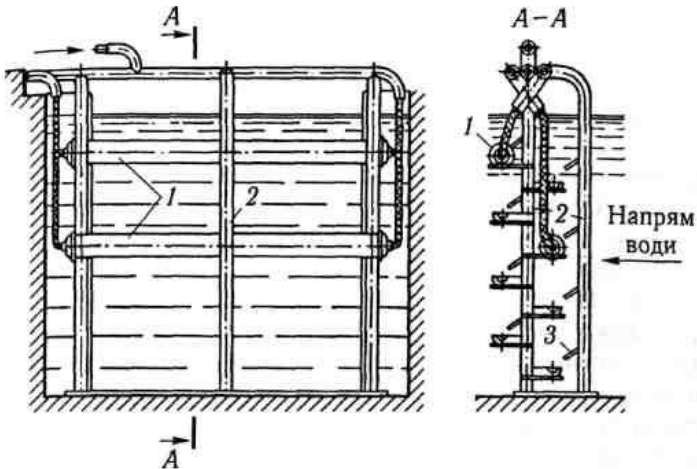


Рис. 6. Бактерицидна установка великої продуктивності типу ОВ-ЗК-РКС: 1 - блок з бактерицидними лампами; 2 - подача води під тиском 1,5 МПа; 3 - сопла, що подають воду на турбінки для очищення чохлаів

Таким чином, враховуючи особливості дії озону та ультрафіолетового проміння, блоки знезараження доцільно влаштувати після блоків механічного та біологічного очищення. У разі забору води із поверхневого джерела можливе влаштування двох окремих споруд для знезараження (для поверхневої та циркуляційної води). Вибір методів залежить від місцевих умов, особливостей господарства та наявності певного технічного оснащення.

Під час експлуатації установок ультрафіолетового опромінення необхідно враховувати, що ефективність процесу із часом буде поступово знижуватись, що пов'язано із потемнінням лампового скла. Даний процес, що називається соляризацією, полягає у випаровування та конденсації частини ртуті на склі колби ультрафіолетової лампи.

Вибір саме ультрафіолету як знезаражуючого агента обґрунтовується простотою та відносно невисокою вартістю апаратного оформлення процесу, безпечністю методу та легкістю обслуговування. Обмеження у використанні даної схеми пов'язані з відсутністю залишкової знезаражуючої дії ультрафіолету після виходу води з камери опромінення. Більші господарства із оборотом води від 5 до 100 м³/год можуть з приблизно однаковими енерговитратами застосовувати і озонування, і обробку ультрафіолетом. Важливим чинником при виборі того чи іншого методу постає питання санітарно-гігієнічної безпеки джерела водопостачання господарства, ефективність роботи споруд очищення циркуляційної води та вид об'єктів культивування. Також вибір методу ґрунтується на порівнянні капітальної вартості самих споруд знезараження, експлуатаційних витрат, пов'язаних із обробкою визначених об'ємів води та підтриманням споруд у належному стані. У даному аспекті більш привабливими виглядають установки ультрафіолетового опромінення, які не вимагають забору та попередньої обробки повітря (кисню), можуть експлуатуватись у одному приміщенні з іншими спорудами, коштують значно менше, ніж установки для озонування рівноцінної потужності. При витраті циркуляційної води у господарстві близько 300

м³/год використання ультрафіолетового опромінення стає менш економічно доцільним через обмежену потужність УФ-ламп та необхідність максимальної економії площ під споруди з обробки циркуляційної води. У порівняно великих басейнах де відбувається процес знезараження води ультрафіолетовим промінням швидко остигає вода, що вимагає додаткових енерговитрат на її підігрів перед подачею у робочі басейни. Водночас, потужні господарства здатні більш раціонально використовувати надлишкове тепло, що надходить від установок з отримання озону. Необхідно зазначити, що в окремих випадках доцільним виявляється використання на одному господарстві одночасно двох методів. Наприклад, для знезараження підживлювальної води, що надходить з підземного джерела, використовують компактні установки ультрафіолетового опромінення; а для обробки циркуляційної води використовують озон, який вводиться у флотаційних установках для доочищення після споруд біологічного очищення води.

У більшості технологічних схем обробки води індустріальних господарств знезараження води розташовується останнім блоком, - безпосередньо перед подачею обробленої циркуляційної води у ємності із рибою. Розташування блоку знезараження після усіх інших споруд з обробки води має свої переваги:

- робота споруд із знезараження не буде здійснювати негативний тиск на біоценоз блоку біологічного очищення;
- ефективність знезараження попередньо очищеної води буде максимальною;
- витрати на знезараження води знижуються пропорційно чистоті води, що обробляється;
- вода може мати залишкові безпечні для риб концентрації знезаражуючого агенту (озону), що покращує санітарний стан рибницьких ємностей.

У разі забору води із поверхневого джерела можливе влаштування двох окремих споруд для знезараження (для поверхневої та циркуляційної води). Вибір методів залежить від місцевих умов, особливостей господарства та наявності певного технічного оснащення.

Те, що на сьогодні інтерес і до ультрафіолетового опромінення, і до обробки озоном не втрачається, є підтвердженням того, що обидва методи залишаються актуальними та мають певні переваги та недоліки. Саме відмінності та особливості цих методів і визначають доцільність вибору тих чи інших споруд.

Змістовний модуль 2. Технології вирощування в РАС об'єктів аквакультури

Тема 7. Вирощування кларієвого сома в РАС.

Кларієві соми є традиційним об'єктом аквакультури в Африканських країнах, де його вирощують у відкритих штучних водоймах. Завезені на початку 80-х років минулого століття до Європи, де були відпрацьовані технології вирощування в РАС. Серед трьох видів, які вирощують в аквакультури: кларіас вугреподібний (*Clarias batrachus*) та кларіас ангольський (*Clarias angolensis*) в РАС переважає *Clarias gariepinus*. Найбільш масовим об'єктом сом став відразу у Нідерландах, Бельгії, Данії, згодом – у Польщі, Угорщині. В Україні культивується з 1994 року. Сьогодні в РАС вирощуються також і гібриди між спорідненими видами, селекційні форми кларієвого сома, які краще адаптовані до місцевих умов культивування.

Країна	Об'єми (т/рік)	Період, pp
Голландія	300	1985 – 1986
Країни Європи (Голландія)	1235 (880)	1992
Країни Європи (Голландія)	1800 (1000)	1998
Угорщина	880	2002
Польща	300	2005
Росія	100	2006

Кларієвий сом відноситься до невибагливих об'єктів тепловодної аквакультури, який завдяки швидким темпам росту, стійкості до стресових чинників та простоті розведення став одним із лідерів за обсягами вирощування в аквакультури. М'ясо біле смачне ніжне м'ясо, відсутність луски і дрібних кісток.

Легкий у переробці та в приготуванні. Особливо смачний у смаженому і копченому вигляді.

Єдина важлива умова для забезпечення належних темпів росту – достатньо тепла вода зумовлює характерні особливості технології вирощування у різних регіонах. Так, у країнах з тропічним і субтропічним кліматом переважає технологія вирощування у відкритих штучних водоймах з регульованим водообміном. У країнах Європейського Союзу кларієвий сом вирощується в РАС, хоча на останніх етапах вирощування можна також комбінувати з садковим вирощуванням на теплих водах. Наприклад, в Угорщині, де вдало застосовують термальні глибинні води обсяги вирощування кларієвого сома постійно зростають. Серед основних технологічних переваг, що роблять сома доступним продуктом та вигідним об'єктом аквакультури слід зазначити наступні:

- легко пристосовується до умов басейнового вирощування;
- висока стійкість до дефіциту кисню;
- можливість вирощувати при високих щільностях посадки;
- висока стійкість до мутності води;
- високі темпи росту та просте розмноження;
- прості та вигідні програми годівлі;
- стійкість до хвороб.

Кларієві соми зустрічаються у всій Африці, включаючи водоймища Сахари, вони поширені в басейні річки Йордан, в Південній Азії, на Мадагаскарі, Малайському архіпелазі і Філіппінських островах. Тому його називають сом йорданський. Населяє всі прісноводні водойми (затолені місця, річки, озера) у країнах басейну Середземного моря (Ізраїль, Сирія, Ліван, Туреччина), північною межею проживання є Туреччина. Кларієвий сом має гладке, подовжене, округле в перетині тіло. Спинний і анальний плавники довгі, доходять до хвостового. Спинний плавець має 61-80 м'яких променів і анальний плавець має 45-65 м'яких променів. Вони мають сильні грудні плавці з шипами, які зубчасті по зовнішній стороні (Teugels 1986). Голова плоска. Має чотири пари вусиків. Спина синювато-чорного кольору, черево — світле. Багато сомів завдяки голій слизистій шкірі, що полегшує газообмін з повітрям атмосфери, здатні довго

знаходиться без води. Цей вид досягає розмірів до 1,7 метра, і можуть важити до 59 кг. Дорослі особини мають темні поздовжні лінії по обидві сторони голови, які відсутні у молоді. Кларієві соми мають досконаліше пристосування – надзаябровий дихальний орган. Стінки його пронизані кровоносними судинами. Фактично це примітивна легеня. З його допомогою соми дихають атмосферним повітрям, заковтуючи його з поверхні води. стійкий до перепадів температури, переносить рівень солі у воді до 10 проміле. У спеціальних дослідах повне виключення дихання зябрами приводило до загибелі сомів через 14-47 годин. Якщо доступ до поверхні обмежити сом гинув вже через 9-25 годин. Повітряне дихання дозволяє гарієпінусам переповзати з одного водоймища в іншій по суші, а також переживати посуху, закопуючись в мул.

Для кліматичних умов України РАС є найбільш раціональною технологією вирощування кларієвого сома, яка дозволяє отримувати продукцію рівномірно протягом усього року та завдяки високим щільностям посадки забезпечує найвищий показник виробничої потужності на одиницю задіяних виробничих площ.

При вирощування в РАС необхідно враховувати наступні вимоги сомів до параметрів водного середовища:

- температура води: утримання від 18 градусів, годівля - більше 20; інкубація ікри 25-32, оптимальна для інкубації та росту 28 - 30;
- солоність: 0 – 12 проміле, оптимум 0 – 2.5 проміле;
- кисень: 0 – 100% насичення. *Clarias gariepinus* витримує довготривалу та повну відсутність кисню;
- рівень рН: достатньо широка межа толерантності: від 6 до 8,5; летальні значення: менше 4 або більше 11;
- каламутність води: широка межа толерантності, у достатньо мутній воді почуває себе задовільно;
- неіонізований аміак (NH_3): личинки и молодь - 2.3 мг/л, доросла - 6.5 мг/л;
- щільність посадки: широка межа толерантності. За інтенсивного водообміну та ефективної системи очищення води тимчасово

може досягати 500-800 кг/м³, хоча більш раціональний діапазон лежить у межах 100-400 кг/м³.

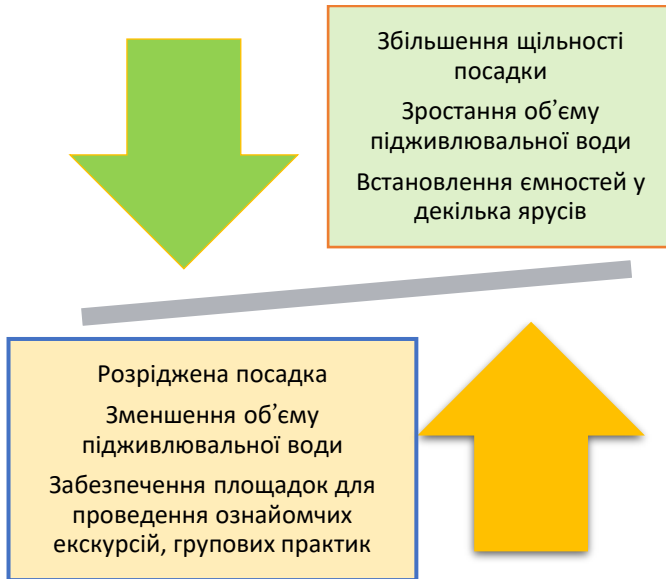


Рис. 1. Фактори, що впливають на площу РАС для вирощування кларієвого сома.

У природі статевої зрілості кларієві соми досягають через 1-2 роки, в умовах РАС – через 6 місяців, при перевищенні маси понад 300 г. Плодючість становить від 5 до 100 тис. ікринок. Ікра клейка. Соми відкладають ікру в зарості водних та повітряно-водних рослин. Личинка вилуплюється через 25-40 годин. У природних умовах розмножуються один раз в рік влітку на початку періоду дощів, при штучному розведенні вони втрачають сезонну періодичність розмноження і здатні дозрівати круглий рік.

Годівля кларієвого сома на різних етапах вирощування.

Кларієвий сом вважається хижаком, що тяжіє до всеїдності. Він може полювати на наземних і водних комах, рибу, яку здатний проковтнути, споживає також молюсків, ракоподібних, вищу

водну рослинність. Така неспецифічність у потребах дозволяє використовувати широкий спектр кормів, використовуючи зокрема і доступні місцеві компоненти.

Потреба кларієвого сома в протеїні змінюється з віком: якщо в сухих кормах для молоді його повинно бути не менше 50-55%, то для забезпечення повноцінних темпів росту дорослої риби достатньо 40-45%. При складанні раціонів потрібно враховувати, що недолік протеїну затримує ріст і може призвести до ожиріння (при надлишку жирів), а надлишок підвищує енергетичний обмін і призводить до непродуктивних витрат цього цінного продукту. У раціонах для молоді краще використовувати риб'ячий жир, для більш старших груп - рослинна олія і фосфатиди, які містять природні антиоксиданти і тому можуть зберігатися протягом тривалого часу. В інших джерелах ненасичених жирних кислот природних антиоксидантів мало, тому вони швидко окислюються і стають токсичними для риб. Тому сухі компоненти корму багаті жиром. Перші 2-4 дні етапу вирощування личинок годування відбувається живою артемією або трубочником (*Tubifex*), після 4 - 5 днів можна поступово переходити до годівлі стартовими сухими кормами, які повинні містити не менше 50-55% білка і не більше 14% жирів. Денний раціон корму на даному етапі має становити 12-15% від біомаси риб.

Оскільки розведення кларієвого сому нескладне, як і вирощування молоді, у більшість сомових РАС працюють як повносистемні господарства. Для розведення кларієвого сома необхідно сформувати маточне поголів'я, із риб, що мають найбільший темп росту. У самок статева зрілість настає після 6 - 7 місяців. Кращі результати розмноження - у самок у віці 1,5-2 роки. Добре розвинені й повноцінні гонади формуються у самців після 1,5-2 років. Плідників рекомендують утримувати у відокремлених басейнах при температурі 23 - 26°C. Годівлю здійснюють добре збалансованими кормами з вмістом білка не менше 35-38%, добовий раціон складає 1 - 1.5% біомаси. Часто практикують підгодовлю дрібною малоцінною морською рибою.

Стимуляція дозрівання статевих продуктів проводиться за допомогою гормональної ін'єкції. Самок перед ін'єкцією

потрібно розподілити по окремих басейнах або акваріумах, самці можуть утримуватися в тому самому басейні. За 1-2 дні до запланованого нересту риб не можна годувати. Для одноразової ін'єкції використовується гіпофіз (4-4.5 мг/кг маси тіла самки). Також можна використовувати препарат Ovopel, у дозі 1 гранула/кг маси тіла самки. Препарат застосовується у формі рідкої фізіологічної суміші в об'ємі 0.3 мл на 1 кг маси тіла у вигляді внутрішньом'язової або ін'єкції.

Основні етапи розведення та вирощування кларієвого сома в РАС:

- Отримання та запліднення ікри. Оптимальна температура для дозрівання самок: 25-26°C. Перед отриманням ікри самок бажано знерухомити за допомогою анестетика, наприклад Propiscin (доза 1 мл/л води). Ікру отримуємо від кожної самки окремо, у середньому маса ікри становить 10-20% маси тіла самки. Молочко отримують з гонад забитих самців (активність сперматозоїдів - 24 години за температури 4°C). Самок після взяття ікри слід занурити в розчин $KMnO_4$ (0,5 г/100 л води) на 1 годину. Отриману ікру від кожної самки окремо слід розділити на порції по 200-300 г і додати 2-3 мл. гонад, отриманих від 2-3 самців. Для активізації запліднення додається вода, після чого ікру обережно перемішують протягом 3-5 хвилин. Перед помещенням в інкубапарати ікру знеклеюють розчином таніну або іншими засобами.

- Інкубація ікри. Для інкубації використовують апарати Вейса або лотки на рамках, обшитих сіткою з розмірами вічка близько 0,5 мм. Витрата води в апаратах Вейса 2-3 л/хвилину. Витрата води в лотках 5-10 л/хвилину. Викльов личинок при температурі води 26-27°C відбувається через 1,5 діб.

- Витримування личинок до розсмоктування жовткового мішка. Відбувається у уловлювачах личинок після інкубапаратів або лотках. Після двох діб витримування личинку необхідно перемістити лотки. У цей період личинок утримують у темряві. На другий-третій день після розсмоктування жовткового мішка прибирають мертві ікринки, бруд. Ознакою розсмоктування жовткового мішка є активний рух личинок. Личинки починають самостійно харчуватися через 4-6 діб.

- I етап вирощування личинок триває 2-3 тижні, до моменту переходу риб на дихання атмосферним киснем, вага (400-500 мг). Щільність посадки: 50-150 екз./літр. Басейни або лотки об'ємом до 1000 л, глибиною 50 - 60 см. Водообмін в басейні 1-2 рази/год. Важлива також аерація, оскільки дихання відбувається виключно за рахунок зябр. Умови освітлення - напівтемрява. Перед посадкою на наступний етап необхідно провести сортування, яке дозволить знизити втрати від канібалізму та створити кращі умови для вирощування кожній відокремленій групі. Щільність посадки мальків до 1 г складає 50 тис екз. на 1 м³, максимальна глибина у вирощувальних лотках - 50 см, щоб вони вільно могли спливати і дихати повітрям.

- II етап вирощування відбувається при щільності посадки 20 екз./літр. Рекомендований водообмін - від 30 хв до 1 год. Тривалість вирощування 2-3 тижні. Маса підрощеної молоді - 4 г

- III етап вирощування: ЩП = 10 екз./літр. Водообмін 1 год. Термін вирощування 3 тижні. Маса підрощеної молоді - 20 г.

Пересадка на наступні етапи вирощування також супроводжується сортуванням з розміщенням відсортованих груп у різних басейнах. Норми водообміну, щільність посадки та тривалість вирощування на кожному етапі наведені у таблиці. На наступних етапах інтервал годівлі збільшується з 5-6 годин до 8-10, крупність гранул збільшується по мірі зростання риб, також

Технологічний етап	Посадка		Виллована маса, г	Тривалість	Відхід, %	Водообмін
	екз/л	маса, г				
Інкубація + витримування				4 дні	20	за норми
1	50-150	-	0,3- 0,5	3 тижня	10%	30 хв
2	20	0,5	4	2-3 тижня	5%	30 хв
3	10	4	20	3 тижня	1%	1 год
4	2,5-1,5	20	150 (200)	8 тижнів		1 год
5	150-450 кг/м	150	600 (800)	8 тижнів		1 год

Тема 7. Вирощування тилапій в РАС.

Одними із найбільш перспективних серед представників родини Цихлових для культивування індустріальними методами є тилапії. Тилапій можна вважати одними з найбільш технологічних та широко культивованих видів риб сучасної аквакультури. Світове виробництво тилапій у 2014 році перевищило 5 млн т/рік, поступаючись лише коропам. Лідерами серед виробників є Китай, Індонезія, Єгипет, Бангладеш і Філіппіни. Більшість тилапій, вирощених у цих країнах, використовуються для місцевого споживання, але є також значна міжнародна торгівля охолодженою та замороженою тилапією. Найбільшим імпортером тилапії є США, де споживання тилапії зросло більш ніж в п'ять разів за останнє десятиліття. Споживання тилапії в США перевищили показник форелі з 1995 року і досягло рівня, де споживачі віддають перевагу після тунця та лосося. Країни Центральної Америки, зокрема Коста Ріка та Гондурас виробляють відносно невеликі обсяги тилапій, але більша частина їх експортується у вигляді свіжоохолодженого філе в США. Імпорт філе тилапії в США перевищив 190 000 т і оцінюється в понад 1 млрд доларів (2014 р.).

Надзвичайний успіх тилапію як об'єкта аквакультури обумовлюють наступними чинниками:

1) висока якість м'яса. Тилапії мають білу м'якоть, с нейтральний смак і тверда текстура. В результаті тилапії отримали визнання у багатьох культурах з різними смаками та харчовими уподобаннями.

2) Простота культивування. Тілапію легко тримати і розводити у штучних умовах. Вони добре переносять скупченість, відносно невибагливі до якості води та стійкі до інфекційних хвороб. Їх можна вирощувати в різноманітних системах аквакультури.

3) Вони споживають водні рослини та детрит, що утворюються у природних умовах, а також промислові корми, що містять інгредієнти, отримані переважно з рослинних компонентів.

4) Вони досягають типових розмір ринку (500–800 г) приблизно через 6–8 місяців за умови утримання при оптимальних температурах (28–30°C).

Ґрунтуючись на цих характеристиках і розуміючи потенціал риби як корму, що вирощується на фермах, тилапію часто називають «водними курами», оскільки їх можна вирощувати як легко та економічно, з такою ж широкою ринковою привабливістю, як і курку.

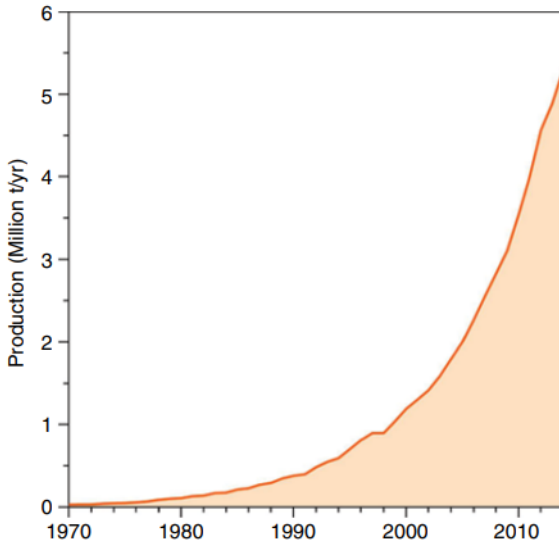


Figure 18.2 Global production of tilapias in aquaculture, 1989–2014. Data from FAO (2015).

Рис. 1. Глобальні обсяги вирощування тилапій за даними ФАО (2015 р.)

Сьогодні тилапію культивують досить широко: у штучних водоймах та садкових господарствах практично усіх країн Африки, Південно-Східної та Центральної Азії, Латинської Америки та США. Поряд із товстолобиком, тилапію вирощують також у геотермальних водах та у садкових господарствах на базі водійм охолоджувачів. Досить поширеною також є технологія басейнового вирощування на відкритому просторі та у замкнутих установках.

Серед більш ніж 70-ти відомих видів у світовому риборівництві культивують порівняно обмежену кількість представників трьох основних родів, що відрізняються поведінкою при розмноженні:

родина Tilapia – ікра і личинки розвиваються на субстраті. Найбільш відомі із промислових видів: зіллі, марія і гвінейська тиліпія

родина Sarotherodom – потомство виношують в роті самці (тиляпія макроцефала);

родина Oreochromis – інкубація ікри і виношування потомства відбуваються в роті у самок (тиляпії мозамбіка, харнурум, роху, ауреа).

Найбільш технологічна для відтворення і вирощування мозамбікська тиліпія (*T. mossambica*), завдяки високому темпу росту і хорошим смаковим якостям. Вона невибаглива, може рости і розвиватися у воді з високим вмістом біогенних речовин і у воді солоністю 35‰. Дозріває у віці 5 місяців, при довжині 6-10 см. Для її розведення не потрібно застосовувати метод гіпофізарної ін'єкції.

Таблиця 1. Репродуктивна характеристика тиліпії

Вид тиліпії	Маса, г	Полодючість, шт		Розмір ікри
		Абсолютна	Робоча	Діаметр, мм
Мозамбіка	25-1200	1500-4000	До 2500	1,8-2,5
Аурея	70-850	340-3600	До 2200	2,0-2,6
Гібрид «Червона»	90-420	510-2100	До 1400	2,1-2,6
Макоцефала	80-350	310-950	До 600	2,5-3,0
Марія	70-280	2100-8300	До 5000	1-1,4

Більшість видів добре розмножується при температурі 24-28°C. Нерестові басейни (з рихлим піщаним ложем) зарибнюють плідниками розрахунку 25-30 самок і 12-15 самців на 1000 м².

Самці риють кубла діаметром 35 і завглибшки 6 см, куди самка відкладає 75–250 ікринок, а потім збирає їх ротом. Самець у цей момент випускає в кубло сперму, яку самка також збирає ротом. Запліднення відбувається в роті самок. Там же протягом 3–5 днів відбувається ембріональний розвиток.

При виношуванні потомства в ротовій порожнині викльов личинок відбувається на 5-ту добу після нересту. Перший випуск їх з ротової порожнини - на 11-у добу переривання контакту самок з личинками – на 16-ту добу після нересту. Оптимальна температура - 27°C. Середня тривалість інтервалів між нерестами у самок складає 28 діб. Для підрощування личинок в спеціальних місткостях вирощування «під наглядом» самок переривають на 5-у добу, примусово витягуючи ембріонів з її ротової порожнини. В цьому випадку інтервал між нерестом скорочується до 20 діб.

Відібраних у самок ембріонів розмішують в інкубаторі місткістю 1л типу апаратів Вейса. Становлення личинок на плаві і перехід на зовнішнє живлення відбувається на 5-у добу, після чого їх переводять в лотки місткістю 80 л.

Тіляпія мозамбикська має неклейкі яйця діаметром від 1 до 2 мм, масою 1-4 міліграми. Набухання триває 2 год при температурі 26-28°C. У віці 2-3 діб після викльову личинки стають рухомими, а на 3-4-у добу спливають до поверхні води і переходять на активне живлення. Витримка ікринок, вилучених з ротової порожнини, здійснюється в умовах непроточної води.

Живлення личинок різноманітне, переважно соноваті водорості роду ентероморфа. При переході на змішане живлення добрий результат дає годування зеленою хлорелою, а при розсмоктуванні жовткового мішка - дрібними формами зоопланктону. При активному русі спостерігається канібалізм. Досягаючи розміру 2 см, молодь активно споживають бентосні організми. Попередні нормативи розведення тіляпії представлені нижче:

Таблиця 2. Рибоводно-біологічні нормативи вирощування тиліяпії в УЗВ

Маса, г	Щільність посадки, кг/м ³ шт./м ³	Вихід, %	Період вирощування, діб	Водообмін, год
0,1-2	25 тис. шт./м ³	80-85	15	0,25
2-10	4-5 тис. шт./м ³	85	20	0,5
10-60	20	95	20	1
60-100	60	96	20	1
100-140	90-100	97	20	1
140-180	120	97	20	1
180-220	150	97	20	1
220-250	150	93	30	1

Через суттєво вищі темпи росту самців тиліяпій порівняно із самками, при комерційному вирощуванні більш доцільно забезпечити на стадії малька формування саме самців. Для цього часто використовують гормональну обробку синтетичними андрогенами, зокрема метилтестостероном. Найбільш часто використовуваний протокол полягає в тому, щоб включити МТ в раціон мальків у дозі 60 мг/кг, попередньо розчинивши його в 95% етанолі. Корм згодовується малькам з першого етапу годування протягом 21 днів. Результатом є забезпечення 99–100% самців у поголів'ї молоді. Спосіб популярний, оскільки він є також найефективнішим способом контролю розмноження у вирощувальних водоймах.

Тема 9. Вирощування форелі в РАС

Основну масову частку сучасного форелевництва складають струмкова та райдужна форель, форель Доналдсона а також форель камлоопс. Водночас, як у морській аквакультурі, так і у прісноводній суттєвий обсяг продукції лососевих припадає не генетично модифіковані види. Високі темп росту та швидкість дозрівання, характерні для форелі камлоопс, роблять її найбільш привабливим об'єктом для інтенсивної аквакультури. Вважається, що це найкращий вид форелі для штучного розведення. З США форель камлоопс імпортували до різних країн Європи - Данії, Чехії, Словаччини, Польщі, Німеччини та інших. При цьому у багатьох випадках форель камлоопс виявилася найбільш вигідним об'єктом рибництва: ці риби при вилові мали більшу загальну масу, а також характеризувалися кращою виживаністю (Borgesson D.P., 1966; Cordone A.J., Nicola S.J., 1970).

Форель камлоопс походить від глибоководної форми весняної форелі, яка мешкає в річках і озерах Британської Колумбії (Канада). Продюсери відбираються в притоках, де молодь проводить різний час перед тим, як мігрувати в озеро. У 1944 році компанія "Troutlodge" виловила велику за розміром, з яскраво вираженим забарвленням форель в озері Камлоопс. Шляхом селекції цю форель пристосували до вирощування у водоймах США (штат Вашингтон), зберігаючи при цьому її початкові властивості - швидкий ріст і т.д. Основний напрям селекції - підтримання стандартів форелі камлоопс, відбір ранньонерестованих самок, вивчення комбінаторної здатності в скрещуваннях з іншими форелями.

Доместикація дикої форми камлоопс у форелевих господарствах США супроводжувалася в деяких випадках гібридизацією з іншими формами весняної форелі і призвела до утворення нових порід. Так, із дев'яти порід форелі, що розведені в Каліфорнії наприкінці ХХ століття, принаймні дві були створені з участю форелі камлоопс. По-перше, це порода Coleman Strain, її родоначальником є дика форма камлоопс, яку спочатку зберігали в «чистому» виді, а потім скрестили зі стальноголовим

лососем та весняною фореллю з річки Сакраменто. По-друге, порода Junction Kamloops Strain, вихідні форми якої, передбачується, є результатом змішування в природних умовах самок камлоопса, введених у водойму з самцями аборигенної весняної форелі. Ці дві породи відрізнялися за часом дозрівання між собою та серед інших семи порід форелі, завдяки чому загальний нерестовий сезон маточних стад тривав дев'ять місяців - з серпня до кінця квітня (Busack G.A. and Gall A.E., 1980).

Нерестовий сезон для форелі камлоопс розпочинається в середині або кінці листопада, тобто на чотири-п'ять тижнів раніше, ніж у найбільш рано дозріваючих селекційних ліній форелі, які розведені для її штучного розведення. Ця особливість нового об'єкта виявилася корисною для форелевництва, оскільки утримання в одному господарстві маточних стад з різними термінами дозрівання дозволило подовжити період отримання посадкового матеріалу та товарної продукції, тим самим підвищивши ефективність рибогосподарської діяльності. Завдяки форелі камлоопс стало можливим отримувати товарну продукцію з березня по травень. Швидкість розвитку потомства, отриманого від продюсерів різних порід, що утримуються в господарстві, в значній мірі залежала від температури води під час інкубації ікри, виношування личинок та вирощування молоді. Середньомісячна температура води складає $11,4^{\circ}\text{C}$ і є оптимальною для розведення цієї форелі. Найкращі результати культивування можуть бути отримані при температурі джерела води у зимовий період $6-10^{\circ}\text{C}$. Середня маса трьохрічних самок досягає 1,4 кг, самців - 1,1 кг. Робоча плодовитість трьохрічних самок - 1,9 тис. шт. ікринок, кількість ікринок в 1 грамі - 19-20 штук. Діаметр ікринок - 4,33 мм. Потомство рано дозріваючих продюсерів отримувало стартову перевагу за рахунок вищої температури води на перших етапах розвитку. Поєднання двох факторів - часу дозрівання і температурного режиму - таким чином, призводило до того, що форель різних порід досягала товарної маси 120-150 грам у наступні терміни: камлоопс - через 15-16 місяців вирощування; Адлер - через 16-17 місяців; Дональдсона - через 17-18 місяців; сталеголовий лосось - через 18-19 місяців. Таким чином, завдяки оптимальному поєднанню

раннього дозрівання і сезонного підйому температури води, яка скорочує терміни інкубації ікри та виношування личинок, а також сприяє швидкому зростанню молоді, форель камлоопс відзначалася неперевершеними перевагами перед іншими породами. Ікра форелі може бути використана як для відтворення, так і для сировини делікатесної харчової продукції. При розрахунку отриманої товарної ікри від самки використовували показники робочої плодовитості самок різного віку. Вихід товарної ікри від однієї самки при вирощуванні дворічок складає 104,2 грама, трьорічок - 252,1 грама.

Вирощування у басейнах та садках вимагає наявності достатньо потужного джерела якісної води. При застосуванні басейнової схеми використовують як круглі, так і прямокутні басейни глибиною до 1,5 м. При вирощування в РАС щільність посадки досягає 100 кг/м³, при цьому витрати корму зводяться до мінімуму. Також перевагою індустріальних методів є значна економія земельних площ на вирощування рибницької продукції.

Строки настання статевої зрілості залежать від спадкових особливостей плідників та умов навколишнього середовища. Серед останніх найбільшу роль відіграють освітленість, температура і швидкість течії води. У райдужної форелі статева зрілість настає тим швидше, чим коротший період з денним освітленням. Прискорити дозрівання риб можна також підвищенням температури води і застосуванням гіпофізарних ін'єкцій. Сприятливо впливає на дозрівання статевих продуктів і збільшення швидкості течії води.

Маточне стадо плідників формують із самок 4-6 років (800-3000 г) та самців 3-5 років (500-1500 г). Співвідношення самок і самців – 1:3...4, резерв самок - 50%, самців - 10%. Для запобігання негативних наслідків інбридингу рекомендується утримувати дві племінні групи плідників. Плідників утримують у басейнах площею 150-160 м², із співвідношенням сторін – 1 : 5...10; глибиною – 1-2 м.

У переднерестовий період плідників слід добре годувати і контролювати дозрівання статевих продуктів. За 2 - 3 тижні до початку нересту (період нересту - з січня по березень) плідників і ремонтну групу сортують за статевими ознаками і розміщують

в окремих відсіках ставу чи в басейнах. Щільність посадки залежить від водообміну і становить 20-25 екз/м² за 20-хвилинного водообміну і 40-45 екз/м² за 12-хвилинного водообміну.

Для визначення стадії зрілості статевих продуктів рибу періодично відловлюють і оглядають. Зріла ікра переміщується у черевній порожнині та при прогладжуванні черевця чи згинанні тіла самки вільно витікає з генітального отвору. За масового дозрівання контроль проводять 2-3 рази на тиждень. За результатами огляду самок ділять на 3 групи і поміщають в окремі резервуари: зрілих (з ікрою, що виділяється), близьких до дозрівання (з м'яким черевцем, ікра не виділяється) і далеких до дозрівання (з тугим черевцем). Від зрілих самок ікру зазвичай відбирають у той самий чи на наступний день; самок, близьких до дозрівання, треба повторно перевірити через 3-5 діб, далеких до дозрівання — через 6-10 діб. Самці дозрівають раніше від самок і небезпека перезрівання їх невелика, тому вони не потребують спеціального контролю.

Для плідників та ремонту витрата води приймається в межах 3 л/хв на 1 кг маси плідників, зміна об'єму води має відбуватися за 20 хв.

Щільність посадки кг/м³, за маси:

50 г – 40-60;

500 г – 50-100

400-600 г (ремонт) 10 екз/м²

1-2 кг (плідники) – 100 екз/м²

2-3 кг (плідники) – 30 екз/м²

Кратність водообміну – 5-10 разів за год.

Строки вирощування риб: від 0,2 г до 1 г – 20 діб; від 1 г до 10 г – 80 діб, від 10 до 50 г – 65 діб; від 50 до 250 г – 155 діб.

Отримання товарної ваги від процесу інкубації ікри згідно норм становить 12 місяців.

Відбір плідників. При відборі плідників звертають увагу насамперед на масу тіла і зовнішні ознаки: форму тіла, розвиток м'язів, забарвлення. Особливо уважно оглядають хвостову частину тіла — вона має бути досить м'ясистою й округлою. Вибраковують виснажених, хворих і травмованих риб, із

викривленням хребта, з катарактою очей, недорозвиненими зябровими кришками. Враховують вплив віку та індивідуальних особливостей (маси, розміру) на якість статевих продуктів, життєздатність потомства, особливо на ранніх стадіях онтогенезу. Найбільш якісну ікру продукують самки віком 4-6 років, сперму – самці віком 3-5 років. Потомство, отримане від самок, які нерестяться вперше, та від старих самок, має низьку життєздатність.

При формуванні племінного стада плідників застосовують масовий відбір. Його проводять серед однорічок і дворічок. Після першого року залишають на плем'я від 20 до 60% загальної кількості вирощуваних риб. У дворічному віці проводять жорсткіший відбір, після якого залишають не більш як 5-10% риб. Серед риб три- і чотирирічного віку проводять коригувальний відбір - вибраковують тих особин, які мають будь-які вади.

Отримання статевих продуктів. Ікру і сперму від форелі отримують виціджуванням за умов використання наркозу. Для анестезії плідників застосовують хінальдин та інші речовини концентрацією 1 : 10 000...50 000. Риб занурюють у розчин на 1 хв (наркоз перестає діяти через 5-7 хв після виймання з води), потім їх ополіскують чистою водою і протирають сухою м'якою тканиною. В один таз збирають ікру від 5-8 самок і змішують зі спермою, взятою від 3-5 самців. Час від виціджування статевих продуктів до їх змішування не повинен перевищувати 10 хв. Розроблено метод отримання ікри за допомогою стисненого повітря, за якого ікринки залишаються чистими і знижується небезпека зціджування незрілих ікринок.

Застосовують сухий чи напівсухий спосіб осіменіння ікри форелі. За сухого способу ікру і сперму ретельно перемішують, потім доливають воду (до вкривання нею ікри) і знову перемішують. Зачекавши 5-10 хв, приступають до відмивання ікри від порожнинної рідини і решток сперми. Ікру після промивання залишають у тих же тазах у спокої на 2-3 год для набрякання. У цей період необхідно забезпечити слабку проточність води. За напівсухого способу до ікри доливають

сперму, розбавлену водою безпосередньо перед осіменінням і відразу ж приступають до перемішування статевих продуктів.

Інкубація ікри. Під час інкубації ікри треба контролювати вміст кисню, температуру, освітленість, не допускати механічних впливів, які істотно порушують нормальний ембріогенез.

Інкубацію здійснюють в апаратах горизонтального і вертикального типів. В апараті першого типу рамки з ікрою розміщуються послідовно у горизонтальній площині, другого типу – у вертикальній. У форелевих господарствах найбільш поширені лоткові апарати системи Аткинса, Шустера і ропшинські. На 1 м² інкубатора можна розмістити до 45-60 тис. ікринок форелі. Апарати вертикального типу з'явилися пізніше. Вони економічніші за використанням води і площі – на 1 м² інкубатора тут розміщують до 600 тис. ікринок.

Для інкубації ікри форелі використовують також апарати Вейса. За об'єму 8 л в одному апараті можна інкубувати 30-40 тис. ікринок. Витрати води становлять спочатку 3 л/с, а у другій половині інкубації – 5-10 л/с. Застосовують апарати і більшої місткості – до 80 л. Вони можуть вміщувати 500 - 750 тис. ікринок.

В інкубаційні апарати подають чисту воду, яка не містить домішок, температурою 6-10 °С. Вміст розчиненого кисню має бути не нижчим за 7 мг/л. З підвищенням температури швидкість ембріонального розвитку збільшується, а виживаність ембріонів знижується. Ікра форелі у процесі ембріогенезу чутлива до впливу світла. Ця чутливість збільшується після запліднення до стадії пігментації очей, а потім знижується, тому ікру і вільних ембріонів треба утримувати в темряві.

Механічні впливи особливо небезпечні у першій половині інкубації, через це на початку інкубації слід особливо обережно поводитись з ікрою. На кінцевій стадії, від настання пігментації очей до викльовування, ікра більш життєстійка, у цей період її можна перевозити.

Під час інкубації з апаратів потрібно видаляти мертву ікру сифоном або піпеткою. З метою запобігання ураженню ікри сапролегнією проводять її профілактичну обробку на початку інкубації і потім на стадії початку пігментації очей розчином

формальдегіду концентрацією 1:2000, хлораміну - 1:30 000 і малахітового зеленого - 1:150 000 за експозиції 10 хв. Починаючи зі стадії пігментації очей і до початку викльовування ембріонів обробку проводять 1-2 рази на тиждень.

Загальний розвиток ікри райдужної форелі від закладання до викльовування за температури 6 °С в середньому триває 61 добу (366 градусо-днів), за 12 °С – 26 діб (312 градусо-днів). За добрих якості ікри і сперми та оптимальних умов ембріонального розвитку відхід у процесі інкубації не перевищує 10-20 %.

Утримання личинок і вирощування мальків. Залежно від конструкції інкубаційного апарата ембріони викльовуються безпосередньо в апараті або ікру напередодні викльовування переносять у лотки і басейни. Після завершення викльовування ембріонів, яке триває 5-7 діб за температури не вище за 12°C, температуру рекомендується підвищити до 14°C, що сприяє швидшому розсмоктуванню жовткового мішка і прискорює перехід молоді на змішане живлення. Вільних ембріонів утримують у лотках інкубаційного апарата чи басейну.

Щільність посадки вільних ембріонів в основному залежить від якості та кількості наявної води. На початку підрощування вона становить 100 тис. екз/м³. У міру росту личинок її зменшують до 25-30 тис. екз/м³. Вільним ембріонам властивий негативний фототаксис, тому лотки і басейни треба закривати кришками.

Після переходу личинок на змішане живлення, щойно жовтковий мішок розсмоктується на 1/2 - 2/3, потрібно правильно організувати годівлю. Розмір і якість корму залежить від розмірів молоді – корм має бути доступним і повноцінним. Кількість корму визначають за кормовою таблицею, годують личинок і мальків через кожні 30 - 60 хв протягом 12 год щоденно.

Таблица 1. Характеристика кормів для лососевих риб

Маса риби, г	Розмір часточок комбікорму, мм		Номер крупки
	стартового (крупка)	продукційного (гранули)	
<0,2	0,4-0,6	—	3
0,2 - 1,0	0,6-1,0	—	4
1-2	1,0-1,5	—	5
2-5,	1,5-2,5	—	6
5-15	—	3,2	7
15-50	—	4,5	8
50 - 200	—	6,0	9
>200	—	8,0	10

Форель відноситься до одного з найбільш вибагливих об'єктів до якості кормів: основна частка білків має бути тваринного походження.

Таблица 2. Якісний склад кормів для лососевих риб

Поживна речовина та її вміст, %	Стартовий корм	Продукційний корм
Сирий протеїн	45-48	40-43
Сирий жир	11-13	7-9
БЕР	15-20	25-30
Клітковина	1-3	3-5
Мінеральні речовини	10-12	10-15
Перетравна (асимільована) енергія, МДж/кг	12-15	10-12

Мальків вирощують у прямокутних або квадратних басейнах. Успішне вирощування великою мірою визначається

гідрологічним режимом, насамперед інтенсивністю водообміну. Оптимальна температура води 14-18 °С, вміст кисню має бути не нижчим за 7 мг/л.

Таблиця 3. Технологічна схема вирощування форелі камлоопс в РАС

Маса, г	Щільність посадки, кг/м ³	Вихід, %	Період вирощування, діб	Водообмін, хв
0,2-1	25 тис. шт./м ³	80-85	20	20
1-10	4-5 тис. шт./м ³	85	80	20
10-50	20	95	65	20
50-100	40	96	90	10-15
100-350	50-100	97	65	10-20

Отримання товарної ваги від процесу інкубації ікри згідно норм становить 12 місяців.

Тема 10. Технології вирощування ракоподібних в РАС.

Ракоподібні мають численні прямі та непрямі переваги для економіки та здоров'я людини. Наприклад, креветки, краби, омари та інші великі ракоподібні у всьому світі визнані їстівними водними організмами. Крім того, річний економічний потенціал Індонезії становить 1,33 трильйона доларів США. Креветки є найважливішим водним експортним товаром і складають 45% від загального експорту риби в країні. Світовий попит на індонезійську креветку становить приблизно 560 000–570 000 тонн на рік, і близько 57% цього обсягу імпортується Сполученими Штатами, найбільшим світовим споживачем. За даними статистики, Сполучених Штатах в середньому на кожного американця припадає близько 2,6 кг креветок в рік. Понад 60% від загального обсягу водних продуктів, експортованих до США в 2016 році, склали виключно креветки, і, за оцінками, ціна коштувала понад 1 мільярд доларів США, і до 2017 року вона збільшиться, щоб задовольнити зростаючий глобальний попит.

Страви з креветок поширені в кухнях багатьох країн світу. М'ясо креветок відрізняється дуже гарними смаковими якістьми. Крім того, воно містить велику кількість вітаміну В₁₂ та жиророзчинних вітамінів А, Е та D. З мікроелементів креветки багаті на кальцій та йод. У продаж креветки надходять варено-мороженими або замороженими, у панцирі або очищені. На упаковці зазвичай вказують цифри, наприклад 50/70, 90/120, якими позначають кількість креветок на 1 кг ваги. Світовий вилов креветок становить 3,4 млн тонн на рік, загальною вартістю близько 10 мільярдів доларів (за даними на 2009 рік). Вирощування десятиногих ракоподібних в останні роки демонструє активне зростання на тлі загальносвітової тенденції зниження обсягів вилову океанічної креветки. За статистичними даними у 2015 р. вирощено 7,4 млн. т ракоподібних, у 2018 р. – 7,9 млн. т. При цьому вилов припадає переважно на білоногу креветку, тоді як основним об'єктом за обсягами вирощування в аквакультурі є прісноводна креветка макробрахіум. У деяких країнах, що розвиваються, промисел

креветок є важливим джерелом доходу та працевлаштування. Головним регіоном вилову креветок є Азія. Частка цього регіону у промислі становить 55 %. Загалом більше 100 країн експортують значні обсяги креветок. Основними ринками збуту цього продукту є США, Японія та Європа. Однак в наш час неконтрольований вилов призвів до виснаження ресурсів цих тварин, знищення придонних водоростей та деградації прибережних екосистем. Це відбувається внаслідок того, що разом з креветками під час лову до тралів потрапляє велика кількість риби (у тому числі молодь важливих промислових видів, таких як макрель, тріска, морський окунь тощо), бентосних організмів, водоростей. Ці супутні організми гинуть, крім того, гинуть молоді особини креветок, що робить неможливим відновлення їх популяції. Унаслідок цього природоохоронні організації вимагають скоротити вилов креветок та модернізувати засоби лову.

Культивування прісноводних креветок розпочате в 50-х роках минулого століття в країнах Південно-східної Азії. Основною передумовою інтенсифікації культивування прісноводних креветок стала недостатня кількість природних запасів для задоволення безперервно зростаючого попиту. При цьому, в останні 30 років ціни світового ринку на продукцію з креветок залишаються стабільно високими. На тлі стабільних уловів, відмічено різке зростання світового виробництва *M. rosenbergii* методами аквакультури: з 18 тис. т в 1995 р. до 180 тис. т в 2001 р. Очікується подальше зростання виробництва креветок методами аквакультури. У 90-х роках минулого століття у виробництві прісноводних креветок лідирував Китай - 58 % від загального виробництва. У 2002 р. перші два місця зайняли Індія і Тайвань. Прісноводні креветки вирощуються в промислових масштабах також в Малайзії, Таїланді, В'єтнамі, на Гавайських островах і в багатьох інших країнах. З Європейських країн лише Франція вирощує велику кількість креветок - 75 т. в рік. Культивування креветок усе більш поширюється в країнах з помірним і субтропічним кліматом (США, Японія, Англія), де вирощування починається в контрольованих умовах і потім продовжується у відкритих водоймах. В пострадянські країни

гігантська прісновода креветка вперше була завезена в 1980 р. з Японії до Грузії і до Білорусії на базу Інституту біології. Білоруські вчені провели дослідження в умовах водойми-охолоджувача Березовської ГЕС.

Креветки відкладають велику кількість яєць (до 150 тисяч у креветки Розенберга). Велика абсолютна плодючість обумовлена тим, що більшість молодих особин гине на стадії личинки, лише кілька відсотків з них доживуть до дорослого стану. Креветки досягають статевої зрілості у віці 4-5 місяців. Самки дозрівають раніше самців при довжині близько 80 мм, і масі - близько 6,8-8 г. Довжина і маса початку дозрівання самців - близько 100 мм і 10 г. При спаровуванні самець відкладає желатиноподібний сперматофор біля отвору гонопор самки. Зовнішнє запліднення відбувається через 5-10 год. після спаровування, коли по яйцепроводах з гонопор самок назовні виходять яйця. Незапліднена ікра гине через 2-3 доби і скидається самкою з плеопод. Запліднена ікра переноситься у виводкову камеру і стримується в ній абдомінальною плеврою. Самка забезпечує безперервне промивання ікринок свіжою водою завдяки руху плеопод. Личинки є дрібними планктонними організмами, які слугують їжею багатьом видам тварин. Крім того, личинки дуже чутливі до факторів зовнішнього середовища. Яйця креветок розвиваються кілька тижнів, час розвитку залежить від температури — у теплій воді швидкість розвитку збільшується. У креветок існує турбота про потомство — самка носить яйця на черевних ніжках, доки не розвинуться личинки. Швидкість ембріогенезу в значній мірі визначається температурою води і для прісноводних креветок складає 11-30 діб у температурному діапазоні 21-33°C. Оптимальна температура – 27-29°C. В ході ембріогенезу ікринки змінюють колір від помаранчевого до жовтого і потім - сірого. Будова личинок на перших трьох стадіях суттєво відрізняється від будови дорослої особини. Личинки досить дрібні (до кількох міліметрів), малорухливі, вони не харчуються активно, а збирають той корм, який торкається їх. Раціон личинок становлять мікроскопічні водорості та організми до 1 мм у діаметрі. Ріст креветок відбувається ступінчасто, після линьки,

при зміні панцира. Процес линьки займає декілька хвилин: старий панцир лопається між грудьми і черевцем, креветка різко згинається, двома передніми переоподами стягує панцир з головогрудей і звільняє черевце. Скинутий панцир частково або повністю поїдається для поповнення кальцію і інших необхідних речовин. Після линьки, поки покриви не затверділи, креветка деякий час не харчується і залишається в схованці. Линька є критичним моментом в життєвому циклі креветок: саме у цей момент спостерігається максимальна смертність. При линці часто втрачаються одна або обидві клешні, що посилює беззахисність особини, що перелиняла.

Основний біотоп гігантської прісноводної креветки (як і більшості видів роду *Macrobrachium*) - пониззя річок, естуарії. Дорослі особини зазвичай мешкають на дні річок, мігруючи для ікрометання в солоновату і солону воду (10-30 %) пригирлових ділянок. Личинковий період відбувається в естуаріях. Личинки найбільш стенобіонтні, біонтність молоді є дещо ширшою, дорослі особини - еврібіонтні. Оптимальні умови, в основному, однакові для всіх стадій: температура води - 28-30°C, освітленість - близько 4000 лк, насичення води киснем - близько 70 %, рН - 7-8, вміст нітритів - не більше 0,1 мг/л, нітратів - не більше 20 мг/л, жорсткість води (CaCO₃) 30-150 мг/л. Висока концентрація кальцію сприяє кращому розвитку личинок і дорослих креветок. Тривалість життя гігантської прісноводної креветки - 3-4 роки.

Таблиця 1. Біотехнічні нормативи вирощування
креветки макробрахіум в РАС

Найменування біонормативів	Одиниця виміру	Значення показників
<i>Плідники, ембріони</i>		
Маса самок, самців	г	20-30, 40-80
Співвідношення статі	самці: самок	1:4
Щільність посадки	екз./м ²	2-5
Ємкості (пластикові, бетонні або скляні)	м ³	0,5-2,0
Водообмін	разів/год	5
Температура води	°С	26-28
Освітленість	лк	500-1000
Фоторежим, світло/темрява	годин	12:12
Добовий раціон плідників	% від маси	1-3
Тривалість ембріонального періоду	діб	18--20
Вживання ембріонів	%	90-95
Вживання самок	%	75-90
<i>Личинки</i>		
Щільність посадки личинок	екз./л	80-120
Об'єм ємкості	м ³	0,2-0,5
Тривалість личинкового періоду	діб	30-36
Частота годівлі	раз/добу	4-5
Температура води	°С	28-31
Солоність	‰	12-14
Освітленість	ЛК	500-2000
Фоторежим, світло/темрява	годин	12:12
Витрати води	л/год./тис.екз	7-10
Вихід	%	45-60

Постличинки		
Тривалість адаптивного опріснення води	годин	10-12
Щільність посадки:	екз./м ²	
- перший тиждень		5000
- другий тиждень		2000
- третій тиждень		500
- після 45 діб вирощування до 75 діб		200
Об'єм ємкості	м ³	0,2-2,0
Тривалість пост личинкового періоду	діб	45-75
Добовий раціон:	% від маси	
- перший тиждень;		100
- другий тиждень;		80
- третій тиждень;		50
- після 45 діб вирощування до 75 діб		25-15
Частота годівлі	раз/добу	5-2
Температура води	°С	28-30
Освітленість	лк	500-2000
Фоторежим, світло/темрява	годин	12:12
Витрати води	л/год. x 1000	9,6-19,2
Вживання:	екз.	
- 45 діб після метаморфозу;	%	78
- 75 діб після метаморфозу		64
Вирощування до товарних розмірів		
Щільність посадки без субстрата	екз./м ²	5-10, 50-55
Об'єм ємкості	м ³	1-20
Робоча глибина	м	0,5
Тривалість вирощування	діб	90-120
Добовий раціон (рибний фарш, комбікорм)	% від маси	2-15
Частота годівлі	раз/добу	2

Обсяги вирощування раків є значно меншими, проте для України раків можна назвати одним із найбільш перспективних об'єктів аквакультури. Це пов'язано з традиціями споживання раків, суттєвим зниженням потенціалу природних водойм внаслідок браконьєрського вилову та екологічної ситуації. Насичення ринку замороженою креветкою, вирощеною у країнах Азії, яка має низьку собівартість та досить часто сумнівну якість, чинить потужний конкурентний тиск на українських виробників. Окрім того, вирощування раків орієнтовано на вузький сегмент ринку, де закупівельні ціни на живого рака є достатньо високими.

Одним з найбільш активно культивованих раків у світі є австралійський червоноклешневий річковий рак (*Cherax quadricarinatus*). М'ясо цих раків вважається делікатесом і не надто поступається смаком морським омарам. Австралійський червоноклешневий рак (*Cherax quadricarinatus*) є цінним видом раків, що вирощується в багатьох країнах світу, включаючи Австралію, Сполучені Штати, Ізраїль, Мексику та аргентину, Китай та Таїланд. Цей вид має ряд переваг для промислового виробництва:

- Швидке зростання: Австралійські червоноклешневі раки можуть досягати розміру дорослих особин за 12-18 місяців. Це робить їх більш рентабельними для вирощування, ніж інші види раків, які можуть потребувати кількох років, щоб досягти дорослого розміру.

- Простота розведення та відсутність личинкової стадії, хараткерної для креветок.

- Висока продуктивність: Австралійські червоноклешневі раки можуть виробляти до 1000 ікринок за один раз. Це дає їм високий потенціал для виробництва.

- Високий попит та комерційна ціна. М'ясо австралійського червоноклешневого рака має ніжний смак і вважається делікатесом у багатьох частинах світу.

Серед основних проблемних аспектів культивування інтенсивними методами можна зазначити порівняно низькі щільності посадки, що пов'язано з проявами агресії і канібалізму. Також раки чутливі до низьких температур, - для цілорічного

виращування в РАС необхідно підтримувати температуру води вище 20 °С. Оптимальний температурний діапазон становить від 23°C до 31°C, загибель відбувається при температурах нижче 10°C та вище 36°C. Розмноження відбувається лише тоді, коли температура води залишається вище 23°C.

Австралійський червоноклешневий рак має достатньо крупні розміри для прісноводних представників. Максимальна довжина тіла може досягати 40 см, але в штучних умовах культивування зазвичай не перевищує 20 см. Зовнішня будова типова для всіх десятиногих раків. Виділяють два відділи – головогруді, покриті потужним хітиновим панцирем, і рухливе черевце, що закінчується широким хвостовим плавником. До головогрудей кріпляться ходильні ноги та клешні, ногощелепи, а також органи чуття – очі й антени. Черевні сегменти також мають невеликі плавальні ніжки – плеоподи. Дуже ефектно виглядає забарвлення австралійського червоноклешневого рака. Основний колір тіла – синій або блакитний, але між сегментами можна помітити різного кольору з'єднання: червонуваті, помаранчеві, блакитні, малинові. Також по всьому тілу розкидані жовті цяточки. По обидва боки черевця тягнуться червоні смужки. Самці можуть досягати максимальної ваги 500 г, а самки - 400 г.

Статевої зрілості австралійські червоноклешні раки досягають у віці 6-7 місяців. Самки мають більші черевні ніжки, ніж самці. Нерест відбувається в теплій воді (28-30°C). Самка відкладає ікру в спеціальний мішок, який вона носить на череві. Ікринки розвиваються протягом 1-2 місяців. Самки червоного кігтя виношують яйця протягом шести-десяти тижнів, залежно від температури. Більшість виношує від 300 до 800 яєць за раз. Протягом сезону розмноження може бути від трьох до п'яти виводків. Раченята мають достатню схожість з дорослою формою і залишаються прикріпленими до нижньої частини самки протягом кількох тижнів, перш ніж поступово стати незалежними. Мальки австралійського червоноклешневого рака виходять з ікри досить великими і вже через кілька днів можуть самостійно плавати. Вони ростуть швидко, але нерівномірно. Тому їх потрібно періодично сортувати за розміром, щоб уникнути канібалізму.

Більшість раків продаються живими; таким чином, після збору врожаю вони зберігаються в резервуарах з проточним водопостачанням або системою рециркуляції з біологічною фільтрацією. Перед пакуванням для транспортування рекомендується протримати їх в резервуарі щонайменше 24 години, щоб забезпечити очищення кишечника. Також раки можуть тривалий час виживати поза водою, якщо їх тримати в прохолоді та вологому середовищі. Таким чином, упаковка має передбачати ізольовані контейнери, що містять вологий пакувальний матеріал (поролон або дерев'яну стружку) і охолоджувальні пакети.

Рекомендована література

1. Odd-Ivar Lekang. Aquaculture Engineering, Third Edition : Published by John Wiley & Sons Ltd., 2020. 525 p.
2. Bregnballe J. A. Guide to Recirculation Aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems : FAO and EUROFISH, 2015. 97 p.
3. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва : підручник. Київ : «Вища освіта», 2005. 351 с.
4. Сучасна аквакультура: від теорії до практики : практичний посібник / Шарило Ю. Є. та ін. К. : «Простобук», 2016. 119 с.
5. Timmons M. B., Ebeling J. M., Wheaton F. W., Summerfelt S. T., Vinci B. J. Recirculating Aquaculture Systems. Ithaca, NY : Cayuga Aqua Ventures, 2001. 650 p.
6. Маменко О. М., Портянник С. В., Щербак О. В. Інноваційні технології в рибництві. Харків : РВВ Харківської державної зооветеринарної академії, 2017. 320 с.
7. Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants. John S. Lucas, Paul C. Southgate, Craig S. Tucker (Editors). 2019. Wiley-Blackwell. ISBN 978-1119230861.
8. Андрущенко А. І., Вовк Н. І. Аквакультура штучних водойм. Частина II. Індустріальна аквакультура : підручник. Київ, 2014. 586 с.