

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. Петра Василенка

МАНДРА Андрій Валерійович

УДК 621.37:639

**РАДІОІМПУЛЬСНА ТЕХНОЛОГІЯ І СИСТЕМИ
ПІДВИЩЕННЯ РЕПРОДУКТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ СТЕРЛЯДІ**

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків– 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, доцент Тітова Наталія Володимирівна, професор кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету, м. Київ.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Аврунін Олег Григорович, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри біомедичної інженерії;

доктор технічних наук, доцент Філатова Ганна Євгенівна, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри обчислювальної техніки та програмування.

Захист відбудеться «___» _____ 2020 р. о ___ годині на засідання спеціалізованої вченої ради Д64.832.01 у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Алчевських, 44.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Алчевських, 44.

Автореферат розісланий «___» _____ 2020 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

О. Д. Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За даними «Всесвітнього фонду дикої природи» за останні 20 років чисельність осетрових тільки Каспійського басейну скоротилася в 30 разів. У зв'язку з чим все більшого поширення набуває розвиток різних форм аквакультури. Ускладнення методів вирощування риби йшло по шляху від простого до складного, але завжди в основі лежав технологічний процес культивування різних об'єктів рибництва.

У даний час для підвищення ефективності в аквакультурі використовують різноманітні технології, а саме: різні фармако-логічні добавки для стимулювання зростання, зміна складу кормів, низькоінтенсивне лазерне випромінювання, щільність посадки, зміна температурного режиму, насичення киснем води та інше. Це дає можливість підвищити вихід мальків з ікри, їх здатність до виживання, харчові показники від 5 до 15 відсотків. Однак, дані методики мають певні недоліки, пов'язані з тим, що в деяких випадках негативно відображаються на якості потомства, мають пригнічуючий вплив, високу ціну, громіздкість обладнання, фармакологічне зростання риби не завжди корисне організму людини. Аналіз літературних джерел показує, що для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб їх ікру слід опромінювати інформаційним радіопульсним випромінюванням міліметрового діапазону.

Незважаючи на певний прогрес, досягнутий в дослідженнях по впливу низькоенергетичного ЕМП на біологічні об'єкти, багато первинних молекулярних механізмів цих впливів теоретично і експериментально не розкриті. Знання ж первинних, фізично обґрунтованих механізмів впливу ЕМВ на біологічні системи, а також закономірностей взаємозв'язку молекулярного і системного рівнів, дозволить пояснити фазонаправленість біоелектромагнітних ефектів і дасть можливість прогнозувати їх виникнення, що особливо важливо для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб.

Застосування електромагнітних випромінювань з певними біотропними параметрами дозволить підвищити стійкість ікри осетрових до інфекційних хвороб, прискорити процес їх дозрівання, збільшити кількість і якість мальків. Однак визначення оптимальних параметрів електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону для

підвищення ефективності виробництва осетрових риб вимагає проведення як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертаційної роботи пов'язана із загальними Українськими науковими програмами: постановою Кабінету Міністрів України від 23.08.2016 р. № 556 «Перелік пріоритетних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року»; постановою Кабінету Міністрів України від 08.09.2015 р. № 684 «Пріоритетні напрями розвитку науки і техніки на період до 2020 року». По планах НДР ХНТУСГ були виконані наступні роботи: номер ДР0110U002505 «Електромагнітні технології і технічні системи підвищення продуктивності біологічних об'єктів тварин та рослинництва»; номер ДР0109U003721 «Результати експериментальних досліджень з впливу ЕМП ВВЧ діапазону на біологічні об'єкти».

Мета і завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є створення інформаційної, екологічно чистої і ефективної радіоімпульсної електромагнітної біотехнології і електронної системи імпульсної електромагнітної енергії для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- обґрунтувати біофізичну дію інформаційного радіо-імпульсного електромагнітного випромінювання на ікру осетрових риб в технологічному процесі для підвищення їх репродуктивної здатності;
- розробити модель взаємодії інформаційного радіо-імпульсного випромінювання міліметрового діапазону з ікрою осетрових;
- на основі теоретичного аналізу даної моделі визначити діапазон змін біотропних параметрів електромагнітного випромінювання (частота, тривалість і період проходження імпульсів, експозиція, амплітуда потужності в імпульсі) для впливу на ікру осетрових;
- обґрунтувати конструктивну модель радіоімпульсного генератора міліметрового діапазону на лавинно-пролітному діоді і теоретично визначити вхідні параметри діода;
- розробити та провести експериментальні дослідження імпульсного генератора на відповідність біотропним параметрам інформаційного радіоімпульсного випромінювання міліметрового діапазону для впливу на ікру осетрових риб;

- провести експериментальні дослідження щодо впливу інформаційного радіоімпульсного випромінювання на ікру осетрових риб в лабораторних і виробничих умовах.

Об'єкт дослідження. Процес впливу інформаційних радіоімпульсних електромагнітних випромінювань на ікру осетрових риб для підвищення їх репродуктивної здатності.

Предмет дослідження. Електронні системи та інформаційна імпульсна електромагнітна біотехнологія для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань були використані методи теоретичної фізики, електродинаміки, методи вирішення диференціальних і інтегральних рівнянь, методи біофізики, математичні методи планування повнофакторного експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що в даній роботі:

- вперше, на основі розробленої моделі, теоретично досліджено процес впливу радіоімпульсних електромагнітних випромінювань на ікру осетрових риб і визначені параметри радіоімпульсного електромагнітного випромінювання для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб;

- вдосконалена теорія аналізу коливальної системи радіоімпульсного багатодіодного генератора, яка відрізняється від відомих тим, що в ній обґрунтована гібридна схема побудови радіоімпульсних багатодіодних генераторів і визначено кількість діодів для отримання необхідної потужності;

- отримала подальший розвиток теорія аналізу суматора потужності на основі циліндричного резонатора, що відрізняється від відомих тим, що в ній визначені параметри резонатора і визначені місця розташування діодних модулів;

- вперше математично інтерпретовано вплив біотропних параметрів інформаційного радіоімпульсного електромагнітного випромінювання для підвищення репродуктивної здатності стерляді.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримані результати формують науково-технічну базу по створенню радіоімпульсної біотехнології і багатодіодного генератора радіоімпульсної електромагнітної енергії у сантиметровому діапазоні довжин хвиль для підвищення репродуктивної здатності стерляді.

Дослідження проводилися в Бюджетній установі «Методично-технологічний центр з аквакультури» протягом 2018 р. та 2019 р. В результаті експерименту було встановлено, що опромінення ікри стерляді радіоімпульсним електромагнітним випромінюванням підвищує життєздатність ікри на 40-45 % в порівнянні з неопроміненою. Економічна ефективність від впровадження інформаційної радіоімпульсної електромагнітної технології для підвищення репродуктивної здатності стерляді склала 23726 грн. на 1кг ікри.

Аналіз отриманих даних у «Державному агенстві рибного господарства України» показує, що в досліді початкова вага мальків стерляді була на 20 % більше, ніж в контролі. Через 30 діб маса стерляді в досліді була на 30 % більше, ніж в контролі. В процесі виробництва було встановлено, що відносна швидкість росту в досліді була на 17 % більше, ніж в контролі. Вживання мальків в досліді було на 13 % більше, ніж в контролі.

Економічна ефективність від впровадження інформаційної радіоімпульсної електромагнітної технології для підвищення репродуктивної здатності стерляді склала 28000 грн. на 1кг ікри.

Особистий внесок здобувача в наукових роботах, написаних у співавторстві, полягає в наступному:

- в роботі [1] автор розкрив фізіологічні особливості ікри осетрових і проаналізував методи підвищення її репродуктивної здатності;

- в роботі [4] автор на основі теоретичних досліджень розглянув процес розподілення електромагнітних імпульсів в інкубаційній ємності з ікрою стерляді;

- в роботі [5] автор на основі теоретичних досліджень визначив біотропні параметри радіоімпульсного випромінювання для підвищення репродуктивної здатності стерляді.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення і результати дисертаційної роботи заслуховувалися і обговорювалися на: міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології в електроенергетиці» (Харків, ХНАМГ, 2015 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я» (Харків, НТУ «ХПІ», 2016 р.); науково-практичній конференції «Вплив фізичних факторів на біологічні об'єкти» (Харків, ХНУРЕ 2017 р.); міжнародних

науково-практичних конференціях «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (Харків, ХНТУСГ, 2018 р.).

Публікації.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 5 статтях в науково-технічних журналах.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел. Вона містить 152 сторінок, 33 рисунка, 6 таблиць, 4 додатка на 7 сторінках, список використаних джерел нараховує 118 найменувань на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертації, формулюється наукове завдання, що розв'язується, розкривається сутність і стан цього завдання, висвітлюється зв'язок роботи з програмами, планами та темами НДР, формулюються напрямки та наукові задачі дослідження, розв'язання яких забезпечує значущість одержаних результатів, визначається наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз методів і електронних систем для підвищення репродуктивної здатності стерляді.

В даний час для підвищення ефективності в аквакультурі використовуються різноманітні технології, а саме: різні фармакологічні добавки для стимулювання зростання, зміна складу кормів, низькоінтенсивне лазерне випромінювання, щільність посадки, зміна температурного режиму, насичення киснем води, та інші. Це дає можливість підвищити вихід мальків з ікри, їх здатність до виживання, харчові показники від 5 до 15 відсотків. Однак, дані методики мають певні недоліки, пов'язані з тим, що в деяких випадках негативно відображаються на якості потомства, мають пригнічуючий вплив, високу ціну, громіздкість обладнання, фармакологічне зростання риби не завжди корисне організму людини. Аналіз експериментальних досліджень щодо дії електромагнітних полів на фізико-хімічні процеси в біологічних об'єктах, які проводяться: у Харківському НТУСГ ім. П. Василенка під керівництвом О. Черенкова, Ю. Мегеля, М. Лисиченка, Н. Косуліної, Є. Піротті; у ІРЕ РАН під керівництвом Н.Д. Девяткова; у

Новосибірську під керівництвом А.П. Казначєєва; у ТулГУ під керівництвом Є. Нефьодова показує, що найбільший ефект для підвищення репродуктивної здатності стерляді слід чекати від застосування інформаційного радіо-імпульсного випромінювання мм діапазону для впливу на ікру стерляді. Застосування електромагнітних випромінювань з певними біотропними параметрами дозволить підвищити стійкість ікри осетрових до інфекційних хвороб, прискорити процес їх дозрівання, збільшити кількість і якість мальків.

Однак визначення оптимальних параметрів електромагнітного випромінювання сантиметрового діапазону для підвищення ефективності виробництва осетрових риб (частота проходження імпульсів, шпаруватість, потужність, частота заповнення імпульсів, експозиція) вимагає проведення як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Застосування електромагнітного випромінювання в медицині і тваринництві показало, що ефект від дії електромагнітних випромінювань для підвищення репродуктивної здатності стерляді залежить від використання високостабільних по частоті генераторів з високими вимогами по спектрально-флюктуаційним характеристикам.

Аналіз генераторів НВЧ діапазону, що випускаються серійно, по таких параметрах, як нестабільність частоти, похибка встановлення вихідної частоти, діапазон перебудови, показав, що вони не можуть бути використані для впливу на ікру. Отже, необхідні дослідження зі створення високостабільних джерел ЕМП НВЧ діапазону, що відповідають високим вимогам із спектру вихідних сигналів, діапазону перебудови частоти і потужності вихідного сигналу.

Незважаючи на певний прогрес, досягнутий в дослідженнях по впливу низькоенергетичного ЕМП на біологічні об'єкти, багато первинних молекулярних механізмів цих впливів теоретично і експериментально не розкриті. Знання ж первинних, фізично обґрунтованих механізмів впливу ЕМВ на біологічні системи, а також закономірностей взаємозв'язку молекулярного і системного рівнів, дозволить пояснити фазонаправленість біоелектро-магнітних ефектів і дасть можливість прогнозувати їх виникнення, що особливо важливо для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб.

У розділі 2 для визначення біотропних параметрів радіо-імпульсного випромінювання (частота проходження імпульсів, шпаруватість, потужність, частота заповнення імпульсів, експозиція) для

підвищення репродуктивної здатності осетрових риб, були проведені дослідження з розподілу електричного поля у середині ікри стерляді.

Використовувані для активізації процесу розвитку ікри осетрових електромагнітні випромінювання не можуть бути, з одного боку, теплового рівня потужності, оскільки це призведе до руйнування структури ікринки і загибелі зародків, а з іншого боку, низькоенергетичні (або інформаційні) поля повинні бути розподілені всередині ікринки таким чином, щоб їх вплив рівномірно стимулював обмінні процеси у всьому її об'ємі.

Такий вплив на ікру осетрових може відбуватися тільки в тому випадку, коли поле всередині ікринки майже однорідне. Це можливо для електромагнітних полів, довжина хвилі яких значно більша розмірів самої ікринки, що відповідає випадку квазістатистики. Оскільки діаметр ікринок осетрових лежить у діапазоні 2 – 3 мм, потрібно розглядати вплив електромагнітних полів на них з частотами порядку 9 – 11 ГГц. У цьому випадку довжина хвилі на порядок більша, ніж розміри самої ікринки. Крім того, більш оптимальним способом опромінення ікри є використання імпульсного опромінення, що дозволяє при низькому середньому рівні його потужності у кожному імпульсі отримувати необхідні величини амплітуд електричних і магнітних полів і з певною періодичністю максимально ефективно активізувати обмінні процеси у клітинах.

В даному розділі розв'язується крайова задача для системи диференціальних рівнянь Максвелла, що моделює процес впливу послідовності електромагнітних імпульсів на ікринки осетрових, що знаходяться в інкубаційній ємності. За допомогою перетворення Лапласа вихідна нестационарна задача зводиться до задачі дифракції електромагнітних хвиль на області, що містить ікру, яка моделюється ізотропним однорідним середовищем з комплексною діелектричною проникністю. Самі ікринки розглядаються як двошарові малі сфери

В даному розділі розв'язується крайова задача для системи диференціальних рівнянь Максвелла, що моделює процес впливу послідовності електромагнітних імпульсів на ікринки осетрових, які знаходяться в інкубаційній ємності. За допомогою перетворення Лапласа вихідна нестационарна задача зводиться до задачі дифракції електромагнітних хвиль на області, що містить ікру, яка моделюється ізотропним однорідним середовищем з комплексною діелектричною проникністю. Самі ікринки розглядаються як двошарові малі сфери.

Розв'язок задачі пов'язаний з двома напівпросторами: у верхній частині знаходиться повітря з розташованою у ньому антеною для опромінення ікри; у нижній – інкубаційна ємність, заповнена водою з ікрою осетрових (рис. 1).

Будемо вважати, що на плоскому розкриві антени заданий струм з густиною, що залежить від часу: $\vec{j}(t) = F(t) \vec{e}$. У даному виразі $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$ – орти декартової системи координат, а функція $F(t)$ дорівнює нулю при $t < 0$, а при $t \geq 0$ являє собою періодичні прямокутні радіоімпульси. Запропонований розподіл густини струму породжує електромагнітне поле з вектором напруженості електричного поля паралельним поверхні води. В цьому випадку електромагнітне поле проходить у воду з меншим відбиттям, ніж в разі, коли вектор напруженості електричного поля перпендикулярний поверхні води.

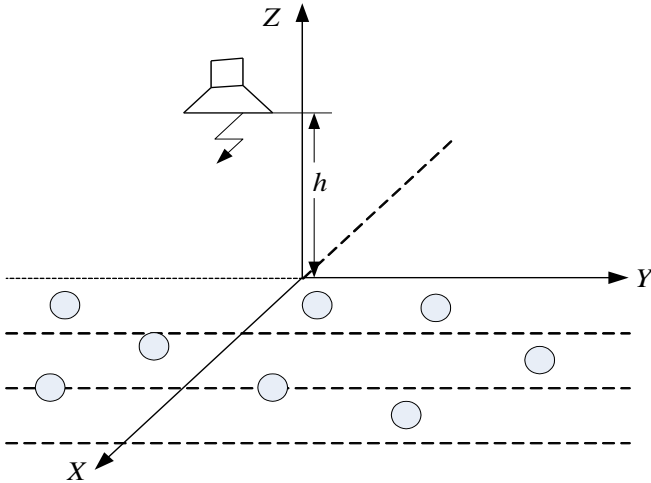


Рис.1. Геометрія моделі з антеною

Збуджене джерелом електромагнітне поле має задовольняти системі нестационарних рівнянь Максвелла (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{rot} \vec{\mathbf{E}}_{\text{п}} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{H}}_{\text{п}}}{\partial t}, \\ \mathbf{rot} \vec{\mathbf{H}}_{\text{п}} = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}_{\text{п}}}{\partial t} + \vec{\mathbf{j}}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{rot} \vec{\mathbf{E}}_{\text{в}} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{H}}_{\text{в}}}{\partial t}, \\ \mathbf{rot} \vec{\mathbf{H}}_{\text{в}} = \varepsilon_{\text{в}} \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}_{\text{в}}}{\partial t} + \sigma_{\text{в}} \vec{\mathbf{E}}_{\text{в}}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{rot} \vec{\mathbf{E}} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{H}}}{\partial t}, \\ \mathbf{rot} \vec{\mathbf{H}} = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t} + \sigma \vec{\mathbf{E}}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де $\vec{\mathbf{E}}_{\text{п}}$ і $\vec{\mathbf{H}}_{\text{п}}$ – вектори електричного і магнітного поля у повітрі; $\vec{\mathbf{E}}_{\text{в}}$ і $\vec{\mathbf{H}}_{\text{в}}$ – вектори електричного і магнітного поля у воді; ε_0 , μ_0 – діелектрична і магнітна проникності вакууму; $\varepsilon_{\text{в}}$ і $\sigma_{\text{в}}$ – відносна діелектрична проникність і питома провідність води з ікрою осетрових; $\vec{\mathbf{E}}$ і $\vec{\mathbf{H}}$ – вектори електричного і магнітного поля всередині ікринок; ε і σ – відносна діелектрична проникність і питома провідність всередині ікринки. Поля у рівняннях (1) повинні задовольняти початковим та граничним умовам.

Розв'язок першої системи (1), з використанням методу лишків, після ряду елементарних перетворень дає вираз для амплітуди електричного поля у повітрі над водою

$$E_{\text{хп}} = -\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} I \left[Q^{-1} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(\pi n Q^{-1})}{n} \cos \left[\frac{2\pi n}{T} \left(t - t_0 - \frac{\tau}{2} \right) \right] \right], \quad (2)$$

де $t_0 = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} (h - z)$; $Q = T/\tau$ – шпаруватість імпульсу; I – амплітуда імпульсу струму.

Обрахунок поля в інкубаційній ємності проведено в два етапи. На першому етапі вирішується задача про проходження електромагнітного поля, що збуджується щільністю струму $\vec{\mathbf{j}}(t)$, всередину інкубаційної

ємності. Далі, вирішується задача про взаємодію поля у воді з областю, в якій знаходяться ікринки стерляді. Для розв'язання цих задач використовується операційний метод.

Враховуючи падаюче і відбите від поверхні води електромагнітне поле, розв'язана друга система з (1), тобто визначена амплітуда хвилі, що пройшла у воду. Зворотне перетворення Лапласа дає такий вираз для напруженості електричного поля у воді:

$$E_{xв}(z,t) = -\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \frac{I}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} \frac{(1-e^{-p\tau})(2p^2+16\pi^2 f^2)}{\sqrt{p}(1-e^{-pT})(p^2+16\pi^2 f^2)} \times \\ \times \left(\sqrt{p} + \sqrt{\varepsilon p + \frac{\sigma}{\varepsilon_0}} \right)^{-0,5} e^{k_B z - k_{пh}} dp, \text{ де } a > 0. \quad (3)$$

Розв'язок третьої системи з (1) для ікринок, розміри яких малі в порівнянні з довжиною падаючої хвилі, проведені з урахуванням вимоги $l/\lambda \ll 1$, де l – лінійні розміри ікринки (її діаметр), λ – довжина розсіяної хвилі. Крім того, розглянута двошарова модель ікри стерляді (зовнішня мембрана та її внутрішній об'єм).

Нульове наближення розв'язку, з урахуванням одержаних значень для поля всередині води, має вигляд лінійної системи алгебраїчних рівнянь (4):

$$\begin{cases} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} - 1 \right) \right] E_x^{(0)} + \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} E_y^{(0)} + \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} E_z^{(0)} = E_{xв}^{(0)}; \\ \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} E_x^{(0)} + \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} - 1 \right) \right] E_y^{(0)} + \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} E_z^{(0)} = 0; \\ \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} E_x^{(0)} + \frac{1}{3} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} E_y^{(0)} + \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} - 1 \right) \right] E_z^{(0)} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Оскільки визначник даної системи Δ не дорівнює нулю, то система не вироджена і має єдиний розв'язок. Використовуючи метод Крамера даний розв'язок можна отримати у вигляді:

$$\vec{\mathbf{E}}^{(0)} = \frac{A}{\Delta} \vec{\mathbf{E}}_B^{(0)}; \quad \vec{\mathbf{H}}^{(0)} = \vec{\mathbf{H}}_B^{(0)}, \quad (5)$$

де A – квадратна матриця третього порядку, елементи якої визначаються виразами:

$$a_{11} = a_{22} = a_{33} = \frac{4}{9} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_B} + 1 \right); \quad (6)$$

$$a_{12} = a_{13} = a_{21} = a_{23} = a_{31} = a_{32} = -\frac{2\varepsilon}{9\varepsilon_B}.$$

Отримання внутрішніх електромагнітних полів у ікринці проведено на основі наступних положень. В мембрані (шар 1) поле буде містити два доданки: те поле, що прийшло зовні з води $\vec{\mathbf{E}}_{\text{пад}}^{(0)1}$ і відбите від внутрішньої частини ікринки $\vec{\mathbf{E}}_{\text{від}}^{(0)1}$, тобто

$$\vec{\mathbf{E}}^{(0)1} = \vec{\mathbf{E}}_{\text{пад}}^{(0)1} + \vec{\mathbf{E}}_{\text{від}}^{(0)1}. \quad (7)$$

У тілі ікринки (шар 2) електрична складова буде визначатися полем, яке пройшло крізь мембрану (шар 1):

$$\vec{\mathbf{E}}^{(0)2} = \vec{\mathbf{E}}_{\text{пад}}^{(0)2}. \quad (8)$$

Зазначений підхід у визначенні електромагнітних полів всередині ікринки веде до системи з двох рівнянь, невідомими величинами в яких будуть напруженості електричного поля в кожному з шарів. Отримуємо:

$$\vec{\mathbf{E}}_{\text{пад}}^{(0)1} = \frac{A_1}{\Delta_1} \vec{\mathbf{E}}_{\text{в}}^{(0)}, \quad \vec{\mathbf{E}}_{\text{пад}}^{(0)2} = \frac{A_2}{\Delta_2} \vec{\mathbf{E}}^{(0)1}. \quad (9)$$

Для визначення в даних рівностях A_1 , необхідно в якості R взяти радіус ікринки з урахуванням її мембрани, тобто R_1 ; ε поміняти на ε_1 . Для A_2 замість ε необхідно підставити ε_2 , а замість R – радіус тіла ікринки R_2 без урахування її мембрани. Аналогічні заміни виконуються для отримання Δ_1 і Δ_2 .

Слід відзначити, що розв'язок системи (9) виконується з урахуванням того, що $\vec{\mathbf{E}}_{\text{в}}^{(0)} = \{E_{x_{\text{в}}}^{(0)}, 0, 0\}$, а $E_{x_{\text{в}}}^{(0)}$ визначається з (3).

Отримані в даному розділі аналітичні вирази про розподіл електромагнітних полів, як всередині інкубаційної ємності з водою, так і всередині самої ікринки, дозволяють проаналізувати результати їх впливу на розвиток зародків риби. Для оцінки таких параметрів електромагнітного опромінення, як шпаруватість і частота заповнення спочатку припускалось, що амплітуда поля опромінення $|\vec{\mathbf{E}}_0|$ дорівнює одиниці. При розрахунках радіус зовнішнього розміру ікринки брався рівним $R_1 = 1 \text{ мм}$, внутрішнього розміру – $R_2 = 0,9 \text{ мм}$. Товщина мембрани бралася рівною $0,1 \text{ мм}$.

Замість величини $\vec{\mathbf{E}}^{(0)2}$, саме від якої залежать процеси, що відбуваються у тілі ікринки під дією електромагнітного поля, була введена усереднена характеристика напруженості електричного поля, а саме

$$\left| \vec{\mathbf{E}}_{\text{сеп}}^{(0)2} \right| = \frac{1}{\tau V} \int_{t_0}^{t_0+\tau} dt \int_D \left| \vec{\mathbf{E}}^{(0)2} \right| dV, \quad (10)$$

де $t_0 = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} h + \sqrt{\varepsilon_{\text{в}} \varepsilon_0 \mu_0} h_{\text{в}}$ – час, за який імпульс доходить до ікринки; τ – тривалість імпульсу; V – об'єм області D ; $h_{\text{в}}$ – глибина положення ікринки у воді.

Були проведені чисельні розрахунки по визначенню оптимальних параметрів електромагнітного імпульсного сигналу, при яких середнє значення напруженості електричного поля усередині ікринки досягає максимально допустимого значення. Розрахунки показують, що в залежності від шпаруватості імпульсів електромагнітного опромінення інкубаційної ємності з ікрою стерляді, частоти заповнення цих імпульсів, а також від розміщення опромінюючої антени над поверхнею води

значення відношення $\left| \frac{\vec{E}_{\text{сеп}}^{(0)2}}{\vec{E}_0} \right|$ можна довести до величини 0,6...0,7. При

цьому шпаруватість повинна бути порядку $Q \approx 100$, а частота заповнення імпульсів f_3 лежати поблизу 10 ГГц (рис. 2).

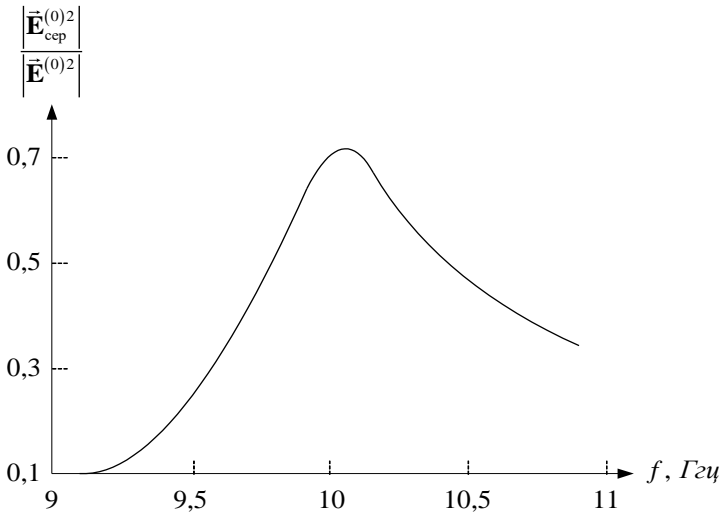


Рис. 2 Залежність середнього значення напруженості електричного поля в тілі ікринки від частоти заповнення імпульсу

Підвищення життєздатності ікри базується на збільшенні рухомості іонів завдяки імпульсному ЕМП. При цьому слід мати на увазі, що сумарний потенціал як на мембранах внутрішніх клітин, так і на зовнішній мембрані ікринки не повинен перевищувати 100 мВ. Значне перевищення цієї величини спричинить пробій мембран і загибель ікри.

Оскільки величина потенціалу на мембранах клітин всередині ікринки, а також на її зовнішній оболонці буде зростати від початку опромінення, за початкове значення амплітуди електричної складової в тілі ікринки було взяте таке, що відповідає потенціалу на мембранах, який дорівнює 60 мВ .

Теоретичний аналіз розробленої моделі показав, що для підвищення продуктивності ікри необхідно інкубаційну ємність опромінювати імпульсним електромагнітним полем з такими параметрами: тривалість імпульсу дорівнює $\tau = 100 \text{ нс}$; шпаруватість імпульсів – 100; потужність джерела випромінювання не менше 160 Вт ; частота заповнення імпульсів 10 ГГц ; висота антени над поверхнею води – $0,35 \text{ м}$; час експозиції $40...45 \text{ с}$.

У **третьому розділі** були проведені теоретичні дослідження зі створення радіоімпульсного генератора з вихідною потужністю до 160 Вт . Для виконання вимог по вихідній потужності, в генераторах для підвищення репродуктивності осетрових риб була застосована розгалужена система підсумовування потужностей діодів. Розрахунки показали, що для створення радіоімпульсного джерела електромагнітної енергії з параметрами: потужність 160 Вт , тривалість імпульсу 100 нс , шпаруватість 100, частота заповнення імпульсів 10 ГГц , був застосований 2-х каскадний суматор потужності з 8 діодами типу 3А750В в кожному каскаді. Рішення даної задачі можливе зі створенням високостабільних по частоті генераторів на основі підсумовування потужностей окремих діодів в загальній електродинамічній системі, що працюють на застосування режиму зовнішньої синхронізації високостабільним по частоті генератором.

Теоретичний аналіз параметрів суматора потужності багатодіодного генератора був проведений на основі високочастотного циліндричного резонатора, утвореного відрізком циліндричного круглого хвилеводу з діаметром $D = 2R$ і висотою h . У нашому випадку становлять інтерес коливання електричного типу E_{mnp} , які можна виразити через скалярну функцію $U(r, \varphi, z)$ в циліндричній системі координат r, φ, z

$$E_z = \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \omega^2 \varepsilon \mu U, \quad E_r = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial r}, \quad E_\varphi = \frac{1}{r} \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial \varphi},$$

$$H_z = 0, \quad H_r = \frac{i\varepsilon\omega}{r} \frac{\partial U}{\partial \varphi}, \quad H_\varphi = -i\varepsilon\omega \frac{\partial U}{\partial r}, \quad (11)$$

де ε , μ – діелектрична і магнітна проникності середовища, що заповнює резонатор, ω – кругова частота. Залежність частоти від часу прийнята у вигляді $\exp(i\omega t)$. Скалярна функція U повинна задовольняти однорідному рівнянню Гельмгольца

$$\frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + k^2 U = 0, \quad \text{де } k > \omega \sqrt{\varepsilon\mu}, \quad (12)$$

У припущенні ідеальної поверхні резонатора функція U повинна задовольняти граничним умовам (рівність нулю тангенціальних компонент електричного поля на поверхні резонатора):

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + k^2 U \right) \Big|_{r=R} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial \varphi} \Big|_{r=R} = 0, \quad 0 \leq z \leq h, \quad (13)$$

$$\frac{\partial U}{\partial z} \Big|_{z=0,h} = 0, \quad 0 \leq r \leq R. \quad (14)$$

Граничні умови (13), (14) впливають з (11). Таким чином, потрібно визначити значення частоти ω , при яких існують нетривіальні рішення рівняння (12), що задовольняють умовам (13), (14).

Розв'язок цієї задачі було отримано за допомогою методу поділу змінних в циліндричних координатах. Використовуючи цей метод, було отримано такі вирази для компонент електромагнітного поля E_{mnp} :

$$E_z = A \frac{\mu_{mn}^2}{R^2} J_n \left(\frac{\mu_{mn}}{R} r \right)_{\sin}^{\cos} n\varphi \cos \frac{p\pi z}{h},$$

$$E_r = -A \frac{p\pi\mu_{mn}}{hR} J'_n \left(\frac{\mu_{mn}}{R} r \right)_{\sin}^{\cos} n\varphi \sin \frac{p\pi z}{h},$$

$$\begin{aligned}
E_\varphi &= -A \frac{mp\pi}{hr} J_n \left(\frac{\mu_{mn}}{R} r \right)_{\cos}^{-\sin} n\varphi \sin \frac{p\pi z}{h}, \quad H_z = 0, \\
H_r &= -A \frac{ink}{r} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} J_n \left(\frac{\mu_{mn}}{R} r \right)_{-\cos}^{\sin} n\varphi \cos \frac{p\pi z}{h}, \\
H_\varphi &= -A \frac{i\mu_{mn}k}{R} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} J_n' \left(\frac{\mu_{mn}}{R} r \right)_{\sin}^{\cos} n\varphi \cos \frac{p\pi z}{h}.
\end{aligned} \tag{15}$$

Тут $J_n(\mu_{mn}r/R)$ – функція Бесселя першого роду n -го порядку, μ_{mn} – m -й корінь функції Бесселя n і p – цілі числа. Константа A визначається типом і амплітудою збуджуючого поля. Власна частота, що відповідає коливанням (15), буде дорівнювати

$$\omega_{mp} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \sqrt{\left(\frac{\mu_{mn}}{R}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{h}\right)^2}, \tag{16}$$

де індекси m, n, p характеризують розподіл поля по координатах r, φ, z відповідно.

На підставі отриманих виразів (15) і (16), розглянемо коливання, у якого відсутня залежність від координати z (уздовж осі резонатора) і є тільки один екстремум уздовж координати r . Як видно з (15), щоб отримати це коливання слід покласти $m = 1, p = 0$. Тоді будемо мати

$$\begin{aligned}
E_z &= A \frac{\mu_{1n}^2}{R^2} J_n \left(\frac{\mu_{1n}}{R} r \right)_{\sin}^{\cos} n\varphi, \quad E_r = E_\varphi = 0, \quad H_z = 0, \\
H_r &= -A \frac{ink}{r} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} J_n \left(\frac{\mu_{1n}}{R} r \right)_{-\cos}^{\sin} n\varphi, \\
H_\varphi &= -A \frac{i\mu_{1n}k}{R} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} J_n' \left(\frac{\mu_{1n}}{R} r \right)_{\sin}^{\cos} n\varphi.
\end{aligned} \tag{17}$$

З (17) отримуємо

$$\omega_{1n0} = \frac{\mu_{1n}}{R\sqrt{\varepsilon\mu}} \quad (18)$$

Далі припустимо, що середовище резонатора є вакуумом. В цьому випадку в (17) і (18) слід покласти $\varepsilon = \varepsilon_0$ и $\mu = \mu_0$ (ε_0 , μ_0 – діелектрична і магнітна проникності вакууму). Ставлячи резонансну довжину хвилі або частоту з (18) можна визначити радіус

$$R = \frac{\mu_{1n}\lambda_{1n}}{2\pi} = \frac{\mu_{1n}}{\omega_{1n0}\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}, \quad (19)$$

де μ_{1n} – перший корінь функції Бесселя $J_n(\mu_{1n}) = 0$ n -го порядку. Індекс n відповідає за кількість осциляцій поля уздовж координати φ . Нас цікавить випадок, коли вздовж координати φ циліндричного резонатора розташовується вісім пучностей електричного поля. Як випливає з (17), це реалізується при значенні індексу $n = 4$. У цьому випадку перший корінь функції Бесселя дорівнює $\mu_{14} \approx 7,588$.

Для резонансної частоти, радіус резонатора повинен мати $R = 3,62$ см. Хвильовий опір циліндричного резонатора визначається за формулою:

$$W_r = \frac{185,2}{\sqrt{\varepsilon_r}} \left[J_4\left(\frac{\mu_{14}}{D}\right) \right]^2 \frac{h_r}{D} [\text{Ом}], \quad (20)$$

де $h_r \approx 0,5\lambda \approx 1,5$ см – висота резонатора, $D = 7,24$ см – діаметр резонатора, $\mu_{14} \approx 7,6$.

Для узгодження імпедансів діодів і навантаження в діапазоні НВЧ були застосовані коаксіальні діодні лінії (T – образні зчленування). Опір втрат коаксіальної лінії, приведений до пучності струму, визначається формулою

$$R_p \approx k \times 5,72 \cdot 10^{-4} \frac{2\pi}{\sqrt{\lambda}} \left[\frac{W_r}{15} + n \frac{\lambda}{D_1} \left(1 + e^{-\frac{W_{0k}}{60}} \right) \right], \quad (21)$$

де $W_{0k} = 60 \ln \frac{D_2}{D_1}$ – хвильовий опір коаксіальної лінії, λ – довжина хвилі, n – число півхвиль в лінії, $k = 1,92$ – для латуні, D_2 і D_1 – діаметри зовнішнього і внутрішнього провідника коаксіальної лінії.

Чисельні розрахунки дозволили визначити параметри хвилеводно-коаксіальної лінії багатодіодного генератора для частоти 10 ГГц: $D_2 = 7$ мм, $D_1 = 3$ мм, $n = 2$, $L_p = 0,25 \lambda$, $W_{0k} \approx 50$ Ом, $R_p = 0,06$ Ом.

У четвертому розділі наведені експериментальні дослідження опрацьованих пристроїв та результати дії радіоімпульсного електромагнітного випромінювання см діапазону на процес підвищення репродуктивної здатності стерляді.

У результаті теоретичних і експериментальних досліджень розроблено джерело радіоімпульсних коливань з параметрами: потужність 160 Вт; тривалість імпульсу 100 нс; шпаруватість 100; частота заповнення імпульсів 10,0 ГГц. Така потужність була одержана на основі 2-х каскадного суматора з 8 діодами типу 3A750B в кожному каскаді і вихідною потужністю в імпульсі 80 Вт.

На підставі теоретичних досліджень був виготовлений зразок генератора на ЛПД, стабілізованого за частотою зовнішнім резонатором. Для цього був використаний циліндричний резонатор, включений за схемою на «прохід». Резонатор виготовлений з латуні і має наступні геометричні розміри: радіус $R = 32$ мм; довжина дорівнює 20 мм. Резонатор збуджується за допомогою отвору зв'язку діаметром 2 мм. Перебудова частоти резонатора здійснюється безконтактним поршнем для підстроювання. Генератор виконаний у вигляді хвилеводно-штирьової конструкції перетином 11x4 мм². Діод ЛПД кріпиться в хвилеводі з використанням металевого круглого стрижня, вісь якого паралельна вектору ЕП (в прямокутному хвилеводі поширюється хвиля H_{10}).

Загальний вигляд синхронізуючого генератора наведено на рис. 3.

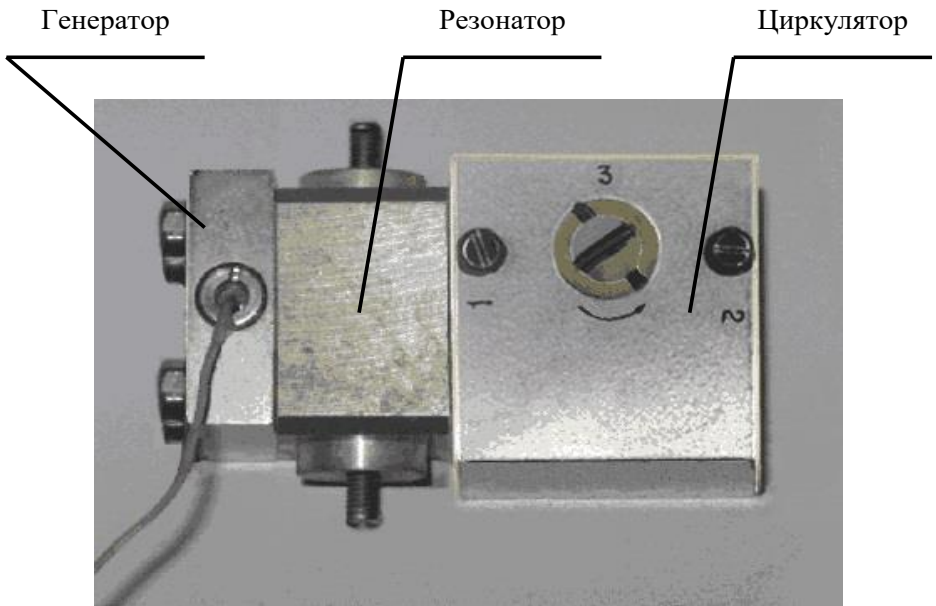


Рис. 3. Загальний вигляд синхронізуючого генератора

Для визначення оптимальних параметрів інформаційного імпульсного електромагнітного випромінювання (частота заповнення імпульсів, напруга в імпульсі, тривалість і період проходження імпульсів, експозиція) був проведений багатofакторний експеримент, у якому в якості відгуку на опромінювання було взято вихід мальків з ікри стерляді, опромінених радіоімпульсним електромагнітним випромінюванням.

Математична модель, яка описує підвищення репродуктивної здібності стерляді від параметрів радіоімпульсного випромінювання, наведена у вигляді рівняння регресії:

$$Y = 133,0 + 15,0X_1 + 13,0 X_2 + 9,0X_3 + 9,0 X_4 + 12,0X_5 + 17X_1X_2 + 15,0X_1X_3 + 15,0 X_1X_4 + 14,0X_1X_5 + 13,0 X_2X_3 + 13,0X_2X_4 + 14,0X_2X_5 + 5,0X_3X_4 + 6,0X_3X_5 + 7,0 X_4X_5 + 6,0X_1^2 + 5,0X_2^2 + 13,0X_3^2 + 12,0X_4^2 + 13,0X_5^2,$$

де Y – кількість мальків з ікри стерляді; X_1 – частота заповнення імпульсів; X_2 – величина потужності в імпульсі; X_3 – період проходження імпульсів; X_4 – тривалість імпульсів; X_5 – час опромінення дози ікри.

У лабораторних умовах було встановлено, що для підвищення репродуктивної здатності стерляді необхідні такі біотропні параметри ЕМП: частота заповнення імпульсів – $10,0 \pm 0,02$ ГГц; амплітуда потужності в імпульсі – $160,0 \pm 5$ Вт; період проходження імпульсів – $1,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,1 \cdot 10^{-5}$ с; тривалість імпульсів – $1,0 \cdot 10^{-7} \pm 0,1 \cdot 10^{-7}$ с; експозиція опромінення дози ікри – 25 ± 2 с; короткочасна нестабільність частоти генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с.

Експериментальні дослідження показали, що опромінення ікри стерляді збільшує її життєздатність на 40 – 45 % в порівнянні з неопроміненою. Виробничі дослідження з ікрою стерляді, опроміненої радіоімпульсним електромагнітним випромінюванням були проведені на рибозаводі м. Миколаєва. Аналіз отриманих даних показує, що в досліді початкова вага мальків стерляді була на 20 % більше, ніж в контролі. Через 30 діб маса стерляді в досліді була на 30 % більше, ніж в контролі. В процесі виробництва було встановлено, що відносна швидкість росту в досліді була на 17 % більше ніж в контролі. Вживання мальків в досліді було на 13 % більше, ніж в контролі.

Економічна ефективність від впровадження інформаційної радіоімпульсної електромагнітної технології для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб склала 28000 грн. на 1 кг ікри.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на підставі теоретичних і експериментальних досліджень створено інформаційну радіоімпульсну електромагнітну технологію і технічну систему радіоімпульсного електромагнітного випромінювання в сантиметровому діапазоні довжин хвиль для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб при їх промисловому виробництві. Все це дозволяє вирішити одне з головних завдань, яке спрямоване на забезпечення харчової безпеки нашої країни.

1. На основі аналізу фактичного матеріалу вітчизняних і зарубіжних публікацій встановлено, що для збільшення виходу життєздатних мальків з ікри осетрових риб її необхідно опромінювати

інформаційним радіоімпульсним електромагнітним випромінюванням сантиметрового діапазону довжин хвиль.

2. У процесі теоретичного аналізу розробленої моделі було встановлено, що підвищення життєздатності мальків з ікри стерляді її слід опромінювати радіоімпульсним ЕМВ з параметрами: тривалість імпульсів $0,5 \cdot 10^{-7} \text{ c} \leq \tau \leq 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ c}$; період повторення імпульсів $0,5 \cdot 10^{-5} \leq T \leq 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ c}$; шпаруватість імпульсів може бути $q = T/\tau \cong 100$; напруженість електричного поля $E_0 = 70 \text{ В/м}$, $E_{cp} = 49 \text{ В/м}$; величина потужності радіоімпульсів становить 160 Вт ; частота заповнення імпульсів 10 ГГц ; час експозиції $40 \dots 45 \text{ c}$.

3. Для створення радіоімпульсних генераторів слід використовувати корпусовані ЛПД типу 3А750В з параметрами: діапазон частот $9 - 11 \text{ ГГц}$; імпульсна потужність $P_i = 18 \text{ Вт}$; імпульсний струм $I_i = 25 \text{ А}$; імпульсна потужність 160 Вт ; $\tau_i = 100 \text{ нс}$, $Q = 100$; параметри корпусу: $C_k = 0,3 \text{ нФ}$, $L_k = 0,4 \text{ нГн}$, $C = 0,25 \text{ нФ}$.

4. Число діодів, необхідних для отримання на виході суматора потужності 160 Вт , дорівнює 16. У кожному каскаді суматора використовується по 8 діодів, включених в загальну електродинамічну систему, циліндричний резонатор, для величини втрат $L = 0,2 \text{ дБ}$.

5. Для виконання вимоги когерентності і стабільності амплітудно-фазових параметрів в імпульсному режимі використовуємо зовнішню синхронізацію імпульсних генераторів високостабільним безперервним сигналом. Як джерело вхідного сигналу використовуємо генератор на ЛПД, із стабілізуючим високодобротним об'ємним резонатором прохідного типу.

6. Для проведення інкубації ікри стерляді, опроміненої інформаційним радіоімпульсним електромагнітним випромінюванням, необхідно використовувати апарат Вейса з параметрами: висота апарату – 56 см , діаметр верхнього отвору – 16 см , нижнього отвору – $3,5 \text{ см}$.

7. Виробничі дослідження з ікрою стерляді, опроміненої радіоімпульсним електромагнітним випромінюванням, показують, що в досліді початкова вага мальків стерляді була на 20 % більше, ніж в контролі. Через 30 діб маса стерляді в досліді була на 30 % більше, ніж в контролі. В процесі виробництва було встановлено, що відносна швидкість росту в досліді була на 17 % більше, ніж в контролі. Вживання мальків в досліді було на 13 % більше, ніж в контролі.

8. Економічний ефект від впровадження інформаційної радіоімпульсної електромагнітної технології підвищення репродуктивної здатності стерляді склав 28000 грн. на 1 кг ікри.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Mandra A., Titova N. Analysis of the biophysical action of an electromagnetic field to increase the reproductivity of sturgeon fish // The Scientific Heritage (Budapest).-2020.- No. 45 (2020), P. 2.- Pp. 3-6.

2. Mandra A. Analysis of energy and construction parameters of the synchronizing generator on the avalanche flight diodes // Slovak International Scientific Journal.-2020.- Vol. 1, No. 39 (2020).-Pp. 21-25.

3. Mandra A. Determination of the parameters of the electrodynamic system of a multi-diode generator to increase the reproductive ability of sturgeon fish // Osterreichisches Multiscience Journal.-2020.- Vol. 1, No. 26 (2020).-Pp. 47-51.

4. Mandra A. Calculaton of electromagnetic pulse field in incubation capacity with sturgeon caviar/A. Mandra, E. Pirotti// The Scientific Heritage (Budapest).-2020.- No. 46 -P.1.- Pp. 20-24.

5. Mandra A. Deternation of the electromagnetic pulse field parameters influencing the sturgeon caviar in the incubation capacity/A. Mandra,Y. Pirotti//Slovak international scientific journal.- No40,VOL.1.- Bratislava, 2020.-P.16 -21.

Опубліковані праці апробаційного характеру

[6].Мандра А.В. Анализ биофизического действия электромагнитного поля для повышения репродуктивности осетровых рыб: *тези за матеріалами X міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* [«Сучасний рух науки»] (Дніпро, 2 -3 квітня2020р / Мандра А.В., Косулина Н.Г., Титова Н.В. // М-во освіти і науки України, « Way Scisence».-Т.1.- С. 733– 737.

[7].Мандра А.В. Особенности электронных систем для повышения репродуктивных свойств осетровых рыб: *тези за матеріалами 12 міжнародної науково-практичної конференції* [«Impact of modernity oj science and practice»] (Edmonton, 12-13 april 2020.) / Мандра А.В.,Чугуй Е.А.,Титова Н.В.//Canada.- С.465–468.

АНОТАЦІЯ

Мандра А.В. Радіоімпульсна технологія і системи підвищення репродуктивної здатності стерляді. - Рукопись.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 «Біологічні та медичні прилади і системи»(163 –біомедична інженерія). Робота виконана у Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. Петра Василенка. –Харків, 2020.

У дисертаційній роботі на основі теоретичних і експериментальних досліджень створена радіоімпульсна інформаційна електромагнітна технологія та електронна система електромагнітного випромінювання в сантиметровому діапазоні довжин хвиль для підвищення репродуктивної здатності стерляді. У роботі, на основі математичної моделі, досліджено процес взаємодії радіоімпульсного випромінювання з ікрою стерляді. Проведений багатофакторний експеримент показав, що оптимальними біотропними параметрами ЕМП для підвищення репродуктивної здатності стерляді є: частота заповнення імпульсів – $10,0 \pm 0,02$ ГГц; амплітуда потужності в імпульсі – $160,0 \pm 5$ Вт; період проходження імпульсів – $1,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,1 \cdot 10^{-5}$ с; тривалість імпульсів – $1,0 \cdot 10^{-7} \pm 0,1 \cdot 10^{-7}$ с; експозиція опромінення дози ікри – 25 ± 2 с; короткочасна нестабільність частоти генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с. Аналіз отриманих даних показує, що в досліді початкова вага мальків стерляді була на 20 % більше, ніж в контролі. Через 30 діб маса стерляді в досліді була на 30 % більше, ніж в контролі. В процесі виробництва було встановлено, що відносна швидкість росту в досліді була на 17 % більше ніж в контролі. Вживання мальків в досліді було на 13 % більше, ніж в контролі. Економічна ефективність від впровадження інформаційної радіоімпульсної електромагнітної технології для підвищення репродуктивної здатності осетрових риб склала 28000 грн. на 1 кг ікри.

Ключові слова: радіоімпульсне опромінювання, ікра стерляді, імпульсні генератори, електродинамічні системи.

АННОТАЦИЯ

Мандра А.В. Радиоимпульсная технология и системы повышения репродуктивной способности стерляди. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко. – Харьков, 2020.

В диссертационной работе на основе теоретических и экспериментальных исследований создана радиоимпульсная информационная электромагнитная технология и электронная система электромагнитного излучения в сантиметровом диапазоне длин волн для повышения репродуктивной способности стерляди.

В работе, на основе математической модели, исследован процесс взаимодействия радиоимпульсного излучения с икрой стерляди.

Проведенный многофакторный эксперимент показал, что оптимальные биотропные параметры ЭМП для повышения репродуктивной способности стерляди следующие: частота заполнения импульсов – $10,0 \pm 0,02$ ГГц; амплитуда мощности импульсов – $160,0 \pm 5$ Вт; период следования импульсов – $1,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,1 \cdot 10^{-5}$ с; длительность импульсов – $1,0 \cdot 10^{-7} \pm 0,1 \cdot 10^{-7}$ с; экспозиция облучения дозы икры – 25 ± 2 с; кратковременная нестабильность частоты генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с

Экспериментальные исследования показали, что облучение икры стерляди увеличивает ее жизнеспособность на 40–45% по сравнению с необлученной.

Анализ полученных данных показал, что в опыте начальный вес мальков стерляди был на 20% больше чем в контроле. Через 30 суток масса стерляди в опыте было на 30% больше, чем в контроле. В процессе производства было установлено, что относительная скорость роста в опыте была на 17% больше, чем в контроле. Выживаемость мальков в опыте была на 13% больше, чем в контроле.

Экономическая эффективность от внедрения информационной радиоимпульсной электромагнитной технологии для повышения репродуктивной способности осетровых рыб составила 28000 грн. на 1кг икры.

Ключевые слова: радиоимпульсное облучение, икра стерляди, импульсные генераторы, электродинамические системы.

ABSTRACT

A. Mandra. Pulse technology and systems to increase the reproductive capacity of sterlet. Manuscript.

The dissertation on a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.11.17 "Biological and medical devices and systems" (163 - biomedical engineering). The work was performed at Kharkiv Vasylenko National Technical University of Agriculture. - Kharkiv, 2020.

In the dissertation work, on the basis of theoretical and experimental researches the radio pulse information electromagnetic technology and electronic system of electromagnetic radiation in the centimeter range of wavelengths for increase of reproductive ability of a sterlet are created. In this paper, on the basis of a mathematical model, the process of interaction of radio pulsed radiation with sterlet caviar is investigated. The conducted multifactorial experiment showed that the optimal biotropic parameters of EMF to increase the reproductive capacity of sterlet are such as pulse filling frequency - 10.0 ± 0.02 GHz, power amplitude in the pulse - 160.0 ± 5 W; pulse period - $1,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,1 \cdot 10^{-5}$ s; pulse duration - $1,0 \cdot 10^{-7} \pm 0,1 \cdot 10^{-7}$ s; radiation exposure of caviar dose - 25 ± 2 s; short-term instability of the generator frequency $1,2 \cdot 10^{-6}$ for 10^{-2} s. Analysis of the obtained data shows that in the experiment the initial weight of sterlet fry was 20% more than in the control. After 30 days, the weight of the sterlet in the experiment was 30% higher than in the control. In the production process, it was found that the relative growth rate in the experiment was 17% higher than in the control. The survival of fry in the experiment was 13% higher than in the control. The economic efficiency of the introduction of information radio pulse electromagnetic technology to increase the reproductive capacity of sturgeon amounted to UAH 28,000 per 1 kg of caviar.

Key words: pulse irradiation, sterlet caviar, pulse generators, electrodynamic systems.

Підписано до друку - 06.06. 2020 р.
Комп'ютерний набір та верстка Полянова Н. В.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір офсетний.
Ум. друк.0,765
Замовлення № 44/032017. Наклад 100 прим.
Друкарня ФОП Олейникова Ю.В.
м. Харків, вул. Різдвяна (Енгельса) 29А,
Тел.: +38(057) 7-529-729.
Свідоцтво про реєстрацію:
Серія ХК, №163 від 20.12.2005 р.