

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ МЕТОДІВ У БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ДЛЯ РЕПРОДУКЦІЇ РИБНОЇ ГАЛУЗІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядається вплив температурних умов на біологічні об'єкти, залежність різноманітних показників таких як – коефіцієнт теплопровідності, одиниця часу, різниця температур та ін. Наводяться математичні моделі розподілення температури в деякому тілі за часом та координатою, які описують тільки процес перенесення теплової енергії через зону реологічного переходу.

Ключові слова: *біологічні організми, температурне поле, термодинамічні методи, теплосмність, температура біохімічної реакції, реологічний перехід.*

Abstract

Influence of temperature terms is examined on biological objects, dependence of various indexes of such as is a coefficient of heat-conducting, time unit, difference of temperatures but other The mathematical models of distributing of temperature are pointed in some body at times and by a co-ordinate, which describe only the process of transference of thermal energy through the area of reologichnogo transition.

Keywords: *biological organisms, temperature field, thermodynamics methods, heat capacity, temperature of biochemical reaction, reologichniy transition.*

Вступ

З погіршенням екологічних умов, які негативно відбилися на ставковому фонді, проблема виробництва посадкового матеріалу для подальшого вирощування товарної риби стала особливо гострою. До того ж, ставкове вирощування риби, яке цілком залежить від температурних умов, вже не може забезпечувати сучасну рибогосподарську галузь повноцінним репродуктивним матеріалом.

Зміна температурного поля БО тісно пов'язана з масообмінними та біохімічними процесами, які в ньому протікають, і характеризуються багатьма фізико-хімічними параметрами [2]. Окрім того, при відхиленні БО від норми появляються термодинамічні процеси, котрі характеризуються швидкістю перенесення теплової енергії від того чи іншого органу відхиленого від норми. Останній характеризується не тільки зміною локального температурного поля, але й масообмінного та біохімічного процесу. Температура води протягом усього періоду інкубації повинна бути досить постійної (для ікри струмкової форелі - близько 2-4 ° С, райдужної - близько 9-10 ° С). При значному підвищенні температури води вживають заходів по її охолодженню. При температурах, вище зазначених, інкубація проходить швидше, але личинки викльовуються недорозвиненими, менш життєздатними, що призводить до великих відходів [3].

Так як зміна температури є рушійною силою, то для БО вона приводить, по-перше, до зміни швидкості масоперенесення та біохімічних процесів в об'єкті.

Результати дослідження

Процеси передачі тепла та речовин у БО є подібними. Передачі тепла молекулярною теплопровідністю відповідає молекулярна дифузія, передачі тепла конвекцією – конвекційна дифузія. Всі теоретичні та експериментальні результати, які отримані при дослідженні процесів теплопередачі [4-7], можуть бути безпосередньо використані до процесів дифузії біологічного організму. Експериментальне вивчення перенесення тепла ускладнюється необхідністю виконувати вимірювання в БО зі змінною температурою. При цьому на результати впливає залежність фізико-хімічних констант від температури. Для нерухомого середовища основним законом передачі тепла (молекулярною теплопровідністю або кондукцією) є закон Фур'є, згідно з яким тепловий потік пропорційний градієнту температури [8]:

$$q = -\lambda \operatorname{grad} T \equiv -\lambda \frac{dT}{dy}, \quad (1)$$

де q - тепловий потік, тобто кількість тепла, яке передається через одиницю поверхні за одиницю часу;

$\operatorname{grad} T$ - градієнт температури;

λ - коефіцієнт теплопровідності.

Якщо коефіцієнт теплопровідності λ можна рахувати сталим, то рівняння (3) приймає вигляд

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = a \Delta T + \frac{1}{c_p \rho} q'. \quad (2)$$

При наявності конвекції рівняння (4) потрібно доповнити конвекційною складовою $v \operatorname{grad} T$ (де v — швидкість потоку). Для біохімічних процесів джерелом тепла є тепловиділення хімічної реакції, основна властивість котрої полягає в тому, що швидкість її залежить від температури за законом Арреніуса. Тому щільність джерел тепла записується у вигляді

$$q' = Qz \exp(-E / RT_D), \quad (3)$$

де Q - тепловий ефект реакції;

z - стала;

E - енергія активації, котра приймається достатньо великою;

R - універсальна газова стала;

T_D - температура біохімічної реакції.

У результаті прийнятих припущень отримується основне рівняння теплоперенесення з біохімічною реакцією в такій формі:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial \theta} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T - c_p \rho v T) + Qz \exp(-E / RT_D). \quad (4)$$

Розділивши рівняння (4) на коефіцієнт температуропровідності a , отримуємо

$$\tau_P \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial T}{\partial \theta} - \left(a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - v_0 \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{Qz}{c_p \rho} \exp(-E / RT_D) \right) = 0. \quad (5)$$

Приведені математичні моделі розподілення температури в деякому тілі за часом та координатою описують тільки процес перенесення теплової енергії через зону реологічного переходу. У той час як в біологічному організмі термодинамічні процеси використовуються для прогрівання чи охолодження деяких елементів тіла, які розташовані на деякій відстані від джерела тепла. Фактично використовується стік теплової енергії, яка пройшла через зону реологічного переходу [11].

Результати. Тривалість інкубаційного періоду риб напряму залежить від температури води. Якщо взяти за приклад ікру форелей, то викльов при температурі нижче 4°C можливий тільки з великими втратами. В природних умовах, якщо температура води стає нижче 2°C, то розвиток ембріонів взагалі припиняється. В табл. 1 наведено тривалість інкубаційного періоду, на прикладі ікри форелей, в різних температурних умовах.

Таблиця 1. Тривалість інкубації ікри форелей в умовах різної температури води [3]

Температура води, °C	Озерна форель		Райдужна форель		Річний голец	
	доба	градусо-дні	доба	градусо-дні	доба	градусо-дні
6	77	462	55	330	80	480
8	61	488	43	344	62	496
10	41	410	31	310	40	400
12	27	324	26	312	38	456

Висновки

Розглянуті теоретичні основи процесів моделювання термодинамічних методів теплоперенесення у біологічних об'єктах при різних зовнішніх умовах. Теплова енергія, яка виділяється в результаті біохімічної реакції в тій чи іншій частині організму, розповсюджується за рахунок реологічних переходів.

Надані математичні рівняння дозволяють розглянути характер зв'язків між тривалістю інкубаційного періоду і температурою.

Знання подібних залежностей необхідно при вирішенні питань продуктивності популяцій і динаміки чисельності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Предедевтика внутренних болезней /Под ред. В.Х.Василенко, А.Л. Гребенева, Н.Д. Михайловой. – М.: Медицина, 1974. – 5.28 с.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетики. – М.: Наука, 1987. -502.
3. Дьёрдь Хойчи и др. Руководство по искусственному воспроизводству фореи в малых объемах. – Будапешт: ФАО, 2012. – 24 с.
4. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Машгиз, 1962. – 368 с.
5. Лыков А.В.и Михайлов Ю.А. Теория тепло-и массопереноса. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 389с.
6. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло-и массообмена. - М.: Госэнергоиздат, 1962. – 562 с.
7. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса. – М.: Хмия, 1974. – 688 с.
8. Рубинштейн Л.И. Проблема Стефана. – Рига: Изд-во «Звайгзне». 1967. – 168 с.
9. Мак-Адамс В.Х. Теплопередача. Пер с англ.- М.: Metallurgizdat, 1961. – 669 с.
10. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 599 с.
11. Стенцель Й.І., Злепко С.М., Павлов С.В. Фізичне та математичне моделювання термодинамічних методів діагностики стану здоров'я людини. – Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – Вінниця, 2013. – с. 66-72.
12. Korobov A.M. Fototerapevtichni aparati Korobova A. – Korobova V. serii «Barva»: naukovo-populyarne vidannya / A.M.Korobov. V.A.Korobov. T.O.Lisna. – Kh.: KhNU imeni V.N.Karazina. 2015 – 176 s.
13. Seteykin A.Yu. Model rascheta temperaturnykh poley. vznikayushchikh pri vozdeystvii lazernogo izlucheniya na mnogoslounyyu biotkan // Opticheskiy zhurnal. – 2005. – T.72. №7. – S.42-47.
14. [3] Dolotov L.T., Sinichkin Yu.P., Tuchin V.V., Uts S.R., Altshuler G.B., Yaroslavsry I.V. Design and evaluation of a novel portable erythema-melanin-meter // Laser in Surgay and Medicine. – 2004. – Vol.34. – P.127-135/
15. Pushkareva A.E. Metody matematicheskogo modelirovaniya v optike biotkani: uchebnoye posobiye. SPb: SPbGUITMO. 2008. – 103 s.
16. Astafyeva L.G., Zheltov G.I., Rubanov A.S. Modelirovaniye protsessa nagreva sosudov krovi lazernym izlucheniym // Optika i spektroskopiya. – 2001. – T.90. №2. – S.287-292.
17. Smithies D.J., Butler P.H. Modelling the distribution of laser light in port-wine stains with the Monte Carlo method // Physics in Medicine and Biology. – 1995. – Vol. 40. – P. 701-733.
18. Valvano J.W. Tissue thermal properties and perfusion // Optical-thermal response of laser-irradiated tissue / Ed. by Welch A.J. and van Gemert M.J.C. – N.Y., 1995. – P. 445-488.
19. Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti. – М.: Vysshaya shkola. 1967. – 600 s.
20. Zabolotna N. I., Wojcik W., Pavlov S. V., Ushenko O. G., Suleimenov B. "Diagnostics of pathologically changed birefringent networks by means of phase Mueller matrix tomography", Proc. SPIE 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980E (January 11, 2013); doi:10.1117/12.2019715
21. Rovira R., Marcia M. Bayas., Pavlov S. V., Kisała P., Yussupova G., "Application of a modified evolutionary algorithm for the optimization of data acquisition to improve the accuracy of a video-polarimetric system", Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 981619 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229087
22. Zabolotna N.I., Pavlov S.V., Ushenko A.G., Sobko O.V., Savich V.O. Multivariate system of polarization tomography of biological crystals birefringence networks. Proc. SPIE 9166, Biosensing and Nanomedicine VII, 916615 (August 27, 2014); doi:10.1117/12.2061105
23. Chepurna O., Shton I., Kholin V., Voytsekhovich V., Popov V., Pavlov S., Gamaleia N., Waldemar Wójcik, Zhassandykyzy M. Photodynamic therapy with laser scanning mode of tumor irradiation. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161F (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229030
24. Rovira R.H, Pavlov S.V, Kaminski O.S, Bayas M.M. " Methods of Processing Video Polarimetry Information Based on Least-Squares and Fourier Analysis" Middle-East Journal of Scientific Research (2013)

Злепко Сергій Макарович- д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Тітова Наталія Володимирівна- докторант кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail:tnv.titova@gmail.com

Стенцель Йосип Іванович- д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Дала.

Zlepko Sergii M.- Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of department of the biomedical engineering,
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Titova Natalia V.- doctoral student of department of the biomedical engineering, Vinnytsia National
Technical University, Vinnytsia, e-mail:tnv.titova@gmail.com

Stencel Yosip I.- Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of department of the computer-integrated control
system