

УДК 621.37

¹ Н.В. ТІТОВА, ² С.В. ПАВЛОВ, ² С.М. ЗЛЕПКО, ³ Є.Л. ПІРОТТИ, ³ О.Є. ПІРОТТИ

ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ РЕПРОДУКТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ ОСЕТРОВИХ ВИДІВ РИБ

¹Національний транспортний університет

²Вінницький національний технічний університет

³Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка,1, tnv.titova@gmail.com

Анотація. В роботі надано детальний огляд використання різноманітного впливу технологій опромінення на рибозплідний процес. Проаналізовані результати власного дослідження на ікри осетрових видів риб за допомогою фотонних матриць. На основі аналізу проведеного дослідження в статті зроблено висновки щодо впливу оптичного випромінювання на підвищення репродуктивної здатності осетрових видів риб.

Ключові слова: низькоінтенсивне лазерне випромінювання, гелій-неоновий лазер, осетрові види риб, світлодіодне джерело, оптичне випромінювання.

Abstract. The paper gives a detailed overview of the use of various effects of irradiation technologies on the fish breeding process. The results of our own study on sturgeon fish eggs using photonic matrices are analyzed. On the basis of the analysis of the conducted research, the article makes conclusions about the influence of optical radiation on enhancing the reproductive capacity of sturgeon species.

Key words: low-intensity laser radiation, helium-neon laser, sturgeon fish species, LED source, optical radiation.

DOI: 10.31649/1681-7893-2019-38-2-71-78

ВСТУП

У зв'язку з антропогенною діяльністю кисневі умови в водоймах часто бувають порушені, особливо на рибозплідних підприємствах. Тому стало актуальним використання хімічних і фізичних впливів, що мають біостимулюючу та терапевтичну дію. В цьому відношенні найбільш ефективним є оптичне випромінювання.

З екологічних характеристик світла найбільш значущими є тривалість впливу (фотоперіод), інтенсивність впливу (освітленість) і якість світла (довжина хвилі, або колір).

Удосконалення рибозплідного процесу визначається застосуванням сучасної технології і техніки, починаючи з найпростішого - будівництва ставків або шлюзів з регульованою подачею морської та прісної води - і закінчуючи набагато складнішими такими, як створення сучасних автоматизованих комплексів для вирощування личинок з насосами, фільтрами і ультрафіолетовими установками для стерилізації води та використання різноманітних лазерів, для оптимізації метаболізму риб.

Застосування низькоінтенсивного лазерного випромінювання може також привести до прискорення процесів росту і розмноження, стійкості до патогенних і токсичних чинників, що важливо в практичному відношенні, особливо для об'єктів аквакультури.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Досліджень, що розглядають вплив світла на риб, досить багато, але основна їх частина стосується поведінки, рухової активності, ритмів розмноження (Cadwallader, 1975; Matlak J., Matlak O., 1976; Мантейфель, 1980; Гірса, 1981; Beacham, Murreau, 1990; та ін.) [1-16].

За десятиліття накопичився великий літературний матеріал про визначення оптимальних доз опромінення ікри осетрових видів риб (Любицька 1956, Perlmutter 1961 Коровіна та ін. 1965, Детлаф та ін. 1981-2008, Набієв 1951 Мельникова 1983, Бессарабов Б.Ф. та ін., 1986., Джикия і ін., 1984., Мамукаєв 1988, Якименко та ін. 1991 року, Авер'янова та ін., 1991, Узденський і ін. 1992) [2-10, 12-13]. Можливо, в реакції ембріонів риб на випромінювання гелій-неонового лазера є важливим не тільки порівняльний аспект, а загальнобіологічні механізми, що діють в різних непігментованих тваринних клітинах. Меланінові пігменти, що визначають забарвлення ікри, ймовірно, не відрізняються значною фотохімічною активністю, а акцепторами випромінювання можуть бути, як і в інших клітинах, окислювально-відновні ферменти (Узденський та ін. 1992-2000) [12-13].

Короткочасний одноразовий вплив світлом гелій-неонового лазера на запліднену ікру риб підвищує виживання, прискорює та синхронізує ембріональний розвиток. Отримані попередні результати щодо визначення оптимальних доз опромінення ікри риб, при яких проявляється позитивний

ефект не тільки на ранніх етапах ембріогенезу, але і при викльові, а також значне перевищення розмірів та маси передличинок в порівнянні з контрольними (Бурлаков та ін. 1997-2008) [2-4]. Крім того, на базі цих досліджень може бути виявлений механізм, що лежить в основі біостимулюючої дії низькоінтенсивного лазерного випромінювання, а також забезпечений вибір оптимальних умов його практичного застосування.

Однак дія лазерного випромінювання на гідробіонтів досліджена недостатньо повно - під цим впливом можуть відбуватися зміни на клітинному рівні, які можуть далі перейти на більш високі рівні організації живої матерії (Попов та ін., 1997) [8-10]. Ці зміни можуть бути як позитивними, так і негативними, тому необхідно визначити такі параметри впливу низькоінтенсивного лазерного випромінювання як: довжина хвилі, частота імпульсу випромінювання, тривалість опромінення, за допомогою яких задається щільність потоку потужності (опромінення) і щільність потоку енергії (доза).

Також, останнім часом з'являється все більше наукових робіт, пов'язаних з впливом інфрачервоного лазерного випромінювання на процеси ембріонального розвитку. Так за даними декількох авторів (Ernst, 1993; Шипуліна, 1996; Зверева, 1996; Барбараш та ін., 1996) [14-16] застосування неоптимальних параметрів впливу може не тільки не призвести до бажаного ефекту, а й викликати пригнічення життєво важливих функцій біологічного організму.

Мета роботи. Актуальність проблеми полягає в тому, що в даний час у зв'язку з широким застосуванням низькоінтенсивних лазерів в медицині і ветеринарії гостро стоїть проблема визначення оптимальних параметрів випромінювання. У зв'язку з цим безперечний інтерес представляє вивчення впливу оптичного випромінювання на ембріональний і постембріональний розвиток риб.

Виклад основного матеріалу:

Низькоінтенсивні лазери можуть ефективно застосовуватися при відтворенні гідробіонтів та підвищенні їх резистентності до токсикантів. При штучному відтворенні гідробіонтів розробляються різні методи інтенсифікації виробництва. Однак, в цих умовах зростають екстремальні впливи на культивовані організми, так як коли підвищується продуктивність зменшується їх резистентність до несприятливих факторів зовнішнього середовища.

За сучасними уявленнями, механізм лазерної біостимуляції включає в себе активацію енергетики клітин та організму як на рівні посилення синтезу, так і на рівні поліпшення забезпечення тканин киснем внаслідок підвищення вазодилатації та васкуляризації.

Для досліджу над осетровими видами риб використовувались фотонні матриці двох типів, що випромінюють в різних спектральних діапазонах - червона + інфрачервона - 630 нм + 940 нм та синя + інфрачервона - 470 нм + 940 нм. Їх більш детальні характеристики:

Фотонна матриця «Барва-Флекс ЧПЧ» (Червоний та Інфрачервоний).

Таблиця 1 – Потужність світлодіодів, мВт:

Ч	1,0	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	0,4	1,5	1,5	1,4	0,5	1,6
ІЧ	2,6	2,9	2,9	3,1	2,5	3,4	2,9	3,1	2,8	3,0	2,7	3,4

Спектрометричні данні матриці представлені на рис. 1, 2:

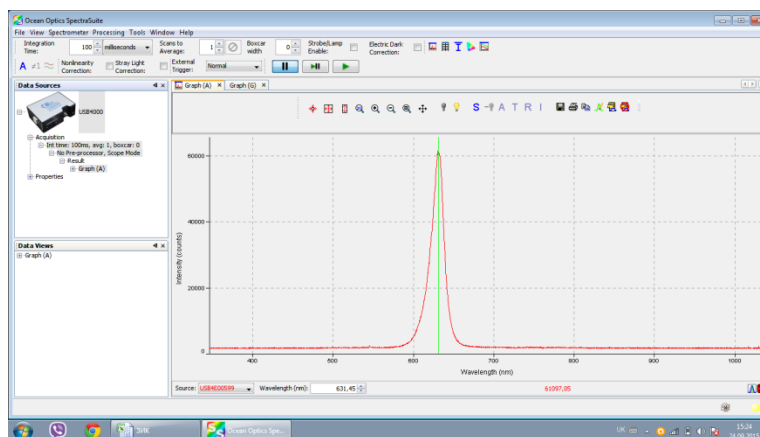


Рисунок 1 – Червоний спектр.

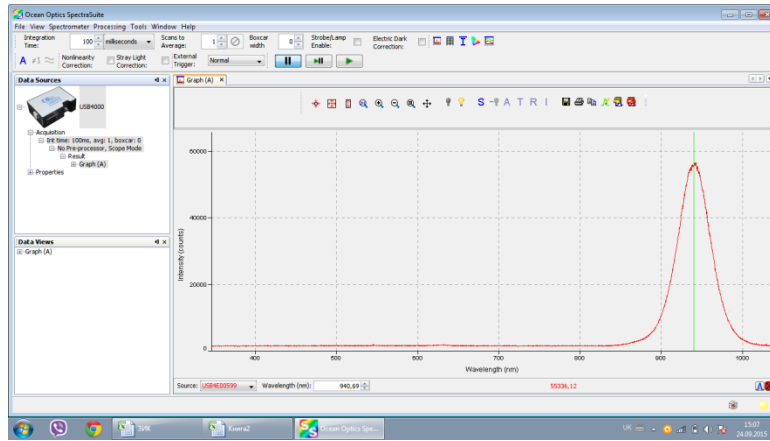


Рисунок 2 – Інфрачервоний спектр.

Фотонна матриця «Барва-Флекс СЧ» (Синій та Інфрачервоний)

Таблиця 2 – Потужність світлодіодів, мВт:

С	17	15,4	16,9	17,7	17,6	15,4	12,3	15,5	13,9	16,2	16	17,5
ІЧ	3,2	2,9	3,0	3,2	2,5	3,2	3,2	2,8	3,1	3,1	3,3	2,9

Спектретричні данні матриці представлені на рис. 3, 4:

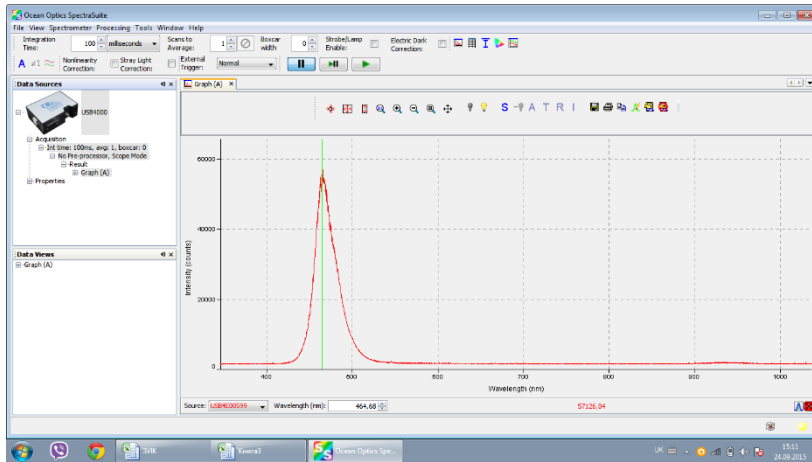


Рисунок 3 – Синій спектр.

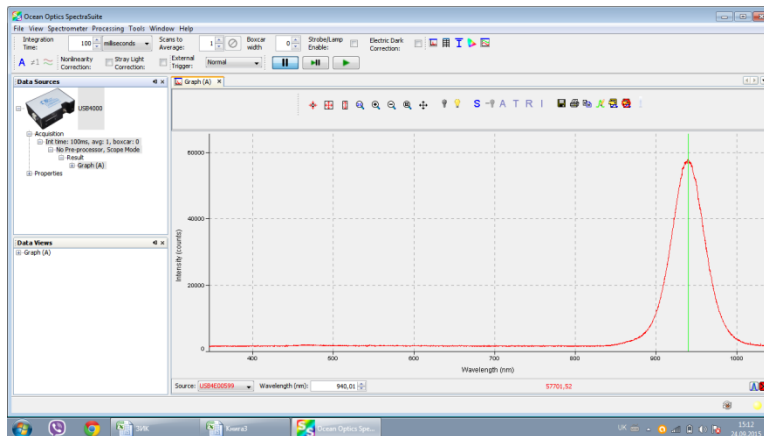


Рисунок 4 – Інфрачервоний спектр.

На відміну від гелій-неонового лазера, технічні характеристики джерела даного апарату (область спектра, щільність потужності та режими впливу) дозволяють максимально ефективно враховувати оптичні характеристики ембріонів осетрових видів риб. Як відомо, однією з головних особливостей ікри осетрових видів риб є її чорне забарвлення, що робить її мало прозорою для випромінювання видимою областю спектру. Тому, здавалося б, що через наявність такого своєрідного малопрозорого екрану, створеного природою у вигляді чорного пігменту меланіну, оптичні методи можуть виявитися низькоєфективними для стимуляції (корекції) розвитку ембріонів. Однак, спільно виконані дослідження фізиків і іхтіологів показали наявність так званого «вікна прозорості» біологічних тканин, розташованого в ближній інфрачервоній області спектра, в якому забезпечується максимальна глибина проникнення в тканину. Зразок опроміненої ікри осетрових видів риб показано на рис. 5.



Рисунок 5 – Опромінена ікра.

Отримані дані дозволяють говорити про стимулюючу дію оптичного випромінювання на різні процеси життєдіяльності риб. Так, при впливі низькоінтенсивного лазерного випромінювання на ембріони осетрових видів риб спостерігається зниження або повне знищення грибка роду *Saprolegnia*. У звичайній практиці рибництва щоб не допустити поширення цієї інфекції, рибоводам доводиться обробляти ікру розчинами хімічних речовин і знезаражувати воду. Одноразова стимуляція лазерним випромінюванням на стадії ембріонального розвитку риб дозволяє повністю припинити поразку заплідненої ікри грибком роду *Saprolegnia*, підвищуючи при цьому її виживання. Стимулюючий ефект лазерного випромінювання спостерігається і при подальшому постембріональному розвитку, при цьому виживання підвищується і на таких ключових стадіях, як викльовування та перехід на активне живлення. Однак справжній ефект лазерного впливу починає проявлятися через кілька десятків діб після опромінення, коли личинки вже підросли стають осетровою молоддю.

Проведені дослідження показали, що 50-денна молодь осетрових риб, яка на стадії ембріонального розвитку зазнавала впливу випромінювання червоної-інфрачервоної області спектра (дослідна група), значно перевершує своїх неопромінених ровесників (контрольна група) по ряду показників. Так, маса дослідної групи перевищувала контроль в 1,9 раз, довжину - в 1,3 рази. При цьому в дослідній групі значно підвищувалася життєстійкість. Під впливом критичних для осетрових риб температур виживання молоді в дослідній групі збільшувалася в 2,1 рази. При впливі токсичних речовин виживання молоді в дослідній групі становила 60-70%, тоді як в контрольній групі цей показник дорівнював нулю. В умовах повної відсутності корму виживання молоді збільшувалася на 3-4 дні більше, ніж в контролі.

Обговорення результатів досліджень.

Як показують наші дослідження, підвищення життєстійкості та виживання, прискорення і синхронізація ембріонального розвитку, а також вихід личинок з ікри залежать як від інтенсивності, так і від часу опромінення.

Вивчення впливу лазерного світла на ікру осетра на стадії органогенезу виявило оптимальні дози опромінення. Отримання максимального виходу передличинок у ікри осетра, опроміненою на стадії органогенезу. Відсоток викльову передличинок з ікри осетра достовірно вище, ніж в контрольній групі. Вихід передличинок з ікри осетра, опроміненою синім + інфрачервоним спектром матриць діапазоні 470 нм + 940 нм суттєво нижчий або наближений до контрольних значень. При впливі спектром червоним + інфрачервоним в діапазоні 630 нм + 940 нм, у всіх експозиціях для ікри осетра спостерігається підвищений вихід передличинок. У опромінених партіях ікри відбувалося також прискорення ембріонального розвитку в порівнянні з контролем. Цей ефект був відзначений на різних етапах

ембріогенезу і залежав від умов опромінення. Так, на етапі гастрюляції епіболія в опроміненій ікрі протікала швидше, ніж в контролі. У опроміненій ікрі осетра викльовування завершилось протягом 24 годин, а в контрольній партії розтягнулось до 34 годин.

На рисунках 6,7 наведено приклад впливу на ембріони осетрових видів риб світлодіодними джерелами спектра.

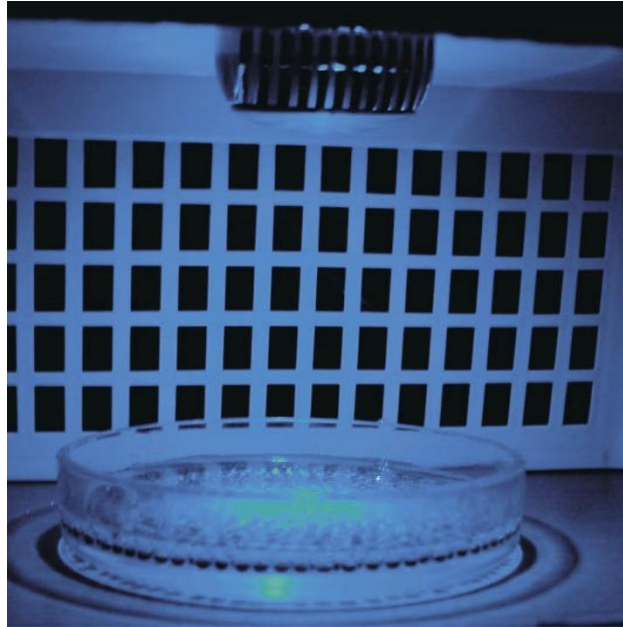


Рисунок 6 – Вплив на ембріони світлодіодним джерелом синьої області спектру.

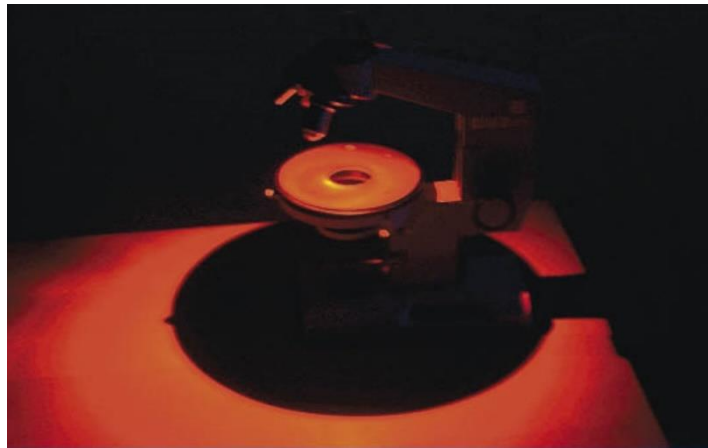


Рисунок 7 – Вплив на ембріони світлодіодним джерелом червоної області спектру.

ВИСНОВОК

Таким чином, оптичне опромінення має суттєвий вплив на швидкість розвитку зародків риб. При цьому окремі етапи ембріогенезу відрізняються за своєю чутливістю до впливів різних областей спектру опромінення. Лазерне випромінювання, а також випромінювання світлодіодів здатне надавати виражену стимулюючу дію на рибоводно-біологічні характеристики молоді осетрових риб.

При аналізі отриманих результатів видно, що випромінювання впливає на специфіку і інтенсивність обміну речовин у ембріонів-личинок, зміна яких в свою чергу призводить до змін корелятивних співвідношень в темпі розвитку, екстер'єрних особливостей личинок, синхронізує розвиток передличинок, лінійно-вагового росту. Під стимуляцією змінюється характер і швидкість процесів, що протікають – стає коротшим проходження окремих стадій ембріогенезу риб. Як видно з наших даних, в опроміненіх партіях ікри відбувалося прискорення ембріонального розвитку. Так, стадія гастрюляції в ікрі, що опромінювалась червоним спектром, протікала швидше, ніж в контролі. При цьому хід подальшого розвитку прискорювався на дві-три стадії.

Знаючи часові інтервали і потужності впливу для проходження процесів розвитку, ми до певної міри можемо змінювати характер індивідуального розвитку і направляти процес розвитку особливо цінних видів риб в потрібну для рибництва сторону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Владимиров Ю.А. Лазерная терапия: настоящее и будущее. // Соросовский образовательный журнал, № 12, Москва 1999, С.2-8.
2. Бурлаков А.Б., Бурлакова О.В., Капранов Ю.С., Перминов С.В., Голиченков В.А., Куфаль Г.Э., Медведева А.А. Трансформация биоизлучения лазерными уголковыми световозвращателями как способ анализа степени их анизотропии // Труды III международной конференции «Электромагнитные излучения в биологии». Калуга, КГПУ, 2005, с.51-55.
3. Бурлаков А.Б., Аверьянова О.В., Пашенко В.З., Тусов В.Б., Голиченко В.А. Лазерная коррекция эмбрионального развития выюна. // Вест. Моск. ун-та сер. 16, Биология, №1, 1997, С. 19-23.
4. Бурлаков А.Б., Аверьянова О.В., Слепцова Л.А., Пощенко В.З., Тусов В.Б. Влияние лазерного излучения на эмбриональное развитие выюна *Misgurnus fossilis* // Биологически активные вещества и факторы в аквакультуре М.: 1993, С. 147-163.
5. Кару Т.И. Клеточные механизмы низкоинтенсивной лазерной терапии // Успехи современной биологии, Т 121, № 1, 2001, С.110-120.
6. Кару Т.И. Воздействие интенсивного монохроматического света в видимой области на жизнедеятельность клетки // Применение лазеров в биологии. Материалы Всесоюз. науч. совещ, М.: 1983, С. 98-102.
7. Деглаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. Разведение осетровых рыб. М., 1981, С 74-82.
8. Попова Э.К. Осташков О.А. Влияние излучения гелий-неонового лазера на эмбриогенез рыб. // Биологически активные вещества и факторы в аквакультуре. М.: 1993, С. 140-147
9. Попова Э.К. Атлантический лосось: биология, охрана и воспроизводство. // Междун. конф. Тезис, докл., Петрозаводск, 2000, С. 46-47.
10. Попова Э.К., Осташков О.А. Профилактика сапролегнеоза икры осетровых рыб методами квантовой биологии. // Осетровые на рубеже XXI века, Петрозаводск, 2001, С. 25-26.
11. Любичская А.И. Влияние различных участков видимой части спектра на стадии развития эмбрионов и личинок рыб. // Зоол. ж, Т.35, 1956, С. 1873-1886.
12. Узденский А.Б., Воробьева О.А. Исследование влияния лазерного света на икру и личинок осетровых рыб. // Журн. эвол. биохимии и физиологии, Т. 28, №3, 1992, С. 329-336.
13. Узденский А.Б., Гусева С.С., Сон Ч.Г. и др. Исследование эмбрионального развития карповых рыб в условиях оптического воздействия // Деп. ВИНТИ. № 4797-В 87,1990, 18 с.
14. Бриль Т.Е., Панина Н.П. Итоги 10-летних исследований влияния излучения гелий-неонового лазера на геном клетки // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии», Харьков, 16-19 мая 2000 г. -Харьков. С. 6.
15. Загускин С. Л., Загускина С. С. // Лазерная и биоуправляемая квантовая терапия. Москва, «Квантовая медицина», 2005, 220с.
16. Ручин А.Б., Надежина О.С. Влияние света на рост молоди сибирского осетра // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: Мат. межд. симп. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. С. 360- 361.
17. [Tetyana I. Kozlovska](#), [Peter F. Kolisnik](#), [Sergey M. Zlepko](#), [Natalia V. Titova](#) and etc "Physical-mathematical model of optical radiation interaction with biological tissues", Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104453G (7 August 2017).
18. [Mykola G. Kokodii](#), [Anatoliy M. Korobov](#), [Vladimir A. Timaniyk](#), [Natalia V. Titova](#), and etc. "On the possibility of the patient's skin overheating during low-intensive phototherapy", Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104453J (7 August 2017).
19. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
20. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.

21. Фізичні основи біомедичної оптики (Монографія) / [Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Колісник П. Ф., Козловська Г. І., Думенко В. П.] – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 155 с.

REFERENCES

1. Vladimirov Yu.A. Laser therapy: present and future. // *Soros Educational Journal*, No. 12, Moscow 1999, P.2-8.
2. Burlakov AB, Burlakova OV, Kapranov Yu.S., Perminov SV, Golichenkov VA, Kufal G.E., Medvedeva A.A. Transformation of bio-emission by laser corner retroreflectors as a way of analyzing the degree of their anisotropy // *Proceedings of the III International Conference "Electromagnetic Radiation in Biology"*. Kaluga, KSPU, 2005, p. 51-55.
3. Burlakov A.B., Averyanova OV, Pashchenko V.Z., Tusov VB, Golichenko V.A. Laser correction of embryonic development of loach. // *West. Mosk. University of Ser. 16, Biology*, No. 1, 1997, S. 19-23.
4. Burlakov A.B., Averyanova O.V., Sleptsova JI.A., Poshchenko V.Z., Tusov V.B. The effect of laser radiation on the embryonic development of the loach *Misgurnus fossilis* // *Biologically active substances and factors in aquaculture M* :. 1993, S. 147-163.
5. Karu T.Y. Cellular mechanisms of low-intensity laser therapy // *Successes in modern biology*, T 121, No. 1, 2001, S.110-120.
6. Karu T.Y. The effect of intense monochromatic light in the visible region on the life of the cell // *The use of lasers in biology. Materials All-Union. scientific meeting*, M :. 1983, S. 98-102.
7. Detlaf T.A., Ginzburg A.C., Schmalhausen O.I. Breeding sturgeon. M., 1981, C 74-82.
8. Popova E.K. Ostashkov O.A. Effect of helium-neon laser radiation on fish embryogenesis. // *Biologically active substances and factors in aquaculture. M* :. 1993, S. 140-147
9. Popova E.K. Atlantic salmon: biology, conservation and reproduction. // *Int. conf. Thesis, dokl., Petrozavodsk*, 2000, S. 46-47.
10. Popova E.K., Ostashkov O.A. Prevention of saprolegneosis of sturgeon caviar by quantum biology methods. // *Sturgeons at the turn of the 21st century, Petrozavodsk*, 2001, S. 25-26.
11. Lyubitskaya A.I. The influence of various parts of the visible part of the spectrum at the stage of development of embryos and larvae of fish. // *Zool. Well*, T.35, 1956, S. 1873 1886.
12. Uzdensky A.B., Vorobyova O.A. Investigation of the effect of laser light on caviar and sturgeon larvae. // *Journal. evol. biochemistry and physiology*, T. 28, No. 3, 1992, S. 329-336.
13. Uzdensky A.B., Guseva S.S., Sleep Ch.G. et al. Investigation of the embryonic development of cyprinids under optical exposure // *Dep. VINITI. No. 4797-B 87*, 1990, 18 pp.
14. Bril T.E., Panina N.P. The results of 10 years of research on the effect of helium-neon laser radiation on the cell genome // *Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference "Application of Lasers in Medicine and Biology"*, Kharkov, May 16-19, 2000 - Kharkov. S. 6.
15. Zaguskin S. L., Zaguskina S. S. // *Laser and biocontrolled quantum therapy. Moscow, "Quantum medicine"*, 2005, 220 p.
16. Ruchin A.B., Nadezhina O.S. The effect of light on the growth of juvenile Siberian sturgeon // *Warm aquaculture and biological productivity of arid climate reservoirs: Mat. Int. symp Astrakhan: Publishing house of ASTU*, 2007.S. 360- 361.
17. [Tetyana I. Kozlovska](#), [Peter F. Kolisnik](#), [Sergey M. Zlepko](#), [Natalia V. Titova](#) and etc "Physical-mathematical model of optical radiation interaction with biological tissues", *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017*, 104453G (7 August 2017).
18. [Mykola G. Kokodii](#), [Anatoliy M. Korobov](#), [Vladimir A. Timaniyk](#), [Natalia V. Titova](#), and etc. "On the possibility of the patient's skin overheating during low-intensive phototherapy", *Proc. SPIE 10445*,

- Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104453J (7 August 2017).
19. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
 20. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
 21. Fizichni osnovy biomedichnoi optiki dostovirnostyu (Monographia) / [Pavlov S.V., Kozemiako V.P., Kolisnik P.F., Kozlovska T.I., Dumenko V.P.] – Vinnytsia: VNTU, 2010. – 155 s.

Надійшла в редакцію: 30.08.2019р.

ТІТОВА НАТАЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА – д.т.н., професор кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету, м. Київ.

ПАВЛОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця.

ЗЛЕПКО СЕРГІЙ МАКАРОВИЧ – д.т.н., професор, завідувач кафедрою біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця.

ПРОТТІ ЄВГЕНІЙ ЛЕОНІДОВИЧ – д.т.н., професор кафедри комп'ютерної математики та аналізу даних Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

ПРОТТІ ОЛЕКСІЙ ЄВГЕНОВИЧ – к.т.н., доцент кафедри передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.