

УДК 004.9:61

Н.В. ТИТОВА

Національний транспортний університет

В.О. НОВІКОВ

Херсонський національний технічний університет

М.В. БАЧИНСЬКИЙ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

С.М. ГОРБАТЮК

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЛАЗЕРНОГО ТА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ГІДРОБІОНТИ

*Стаття присвячена питанням впливу лазерного та оптичного випромінювання на гідробіонти. Розглянуто основні фактори, що визначають біологічний характер дії лазерного випромінювання на біооб'єкт. Підтверджено, що найбільший позитивний ефект дає використання низькоінтенсивного лазерного випромінювання. Наведено характеристики лазерного та оптичного випромінювань; результати досліджень, пов'язаних із впливом зазначених випромінювань на біооб'єкти взагалі, і в т.ч. на гідробіонти. Структура фотобіологічного процесу представлена двома станами і сімома стадіями. Відзначено, що і лазерне, і оптичне випромінювання є проявом інформаційної природи, що пояснює багато ефектів, які раніше не отримували адекватного обґрунтування.*

*Ключевые слова: біооб'єкт, лазер, оптичне випромінювання, лазерне випромінювання, експозиція, механізм дії, фотобіологічний процес, фотохімічна реакція, розсіювання, відбиття, фото продукт, біохімічна реакція.*

Н.В. ТИТОВА

Национальный транспортный университет

В.А. НОВИКОВ

Херсонский национальный технический университет

М.В. БАЧИНСКИЙ

Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя

С.М. ГОРБАТЮК

Винницкий национальный медицинский университет имени Н.И. Пирогова

## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО И ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ГИДРОБИОНТЫ

*Статья посвящена вопросам влияния лазерного и оптического излучения на гидробионты. Рассмотрены основные факторы, определяющие биологический характер действия лазерного излучения на биообъект. Подтверждено, что наибольший положительный эффект дает использование низкоинтенсивного лазерного излучения. Приведены характеристики лазерного и оптического излучения; результаты исследований, связанных с влиянием указанных излучений на биообъекты вообще, и в т.ч. на гидробионты. Структура фотобиологического процесса представлена двумя состояниями и семью стадиями. Отмечено, что и лазерное и оптическое излучение является проявлением информационной природы, объясняет многие эффекты, которые ранее не получали адекватного обоснования.*

*Ключові слова: биообъект, лазер, оптическое излучение, лазерное излучение, экспозиция, механизм действия, фотобиологические процесс, фотохимическая реакция, рассеяния, отражения, фото продукт, биохимическая реакция.*

N.V. TITOVA  
National Transport University of Ukraine  
V.A. NOVIKOV  
Kherson National Technical University  
M.V. BACHYNS'KYY  
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University  
S.M. HORBATYUK  
National Pirogov Memorial Medical University

## FEATURES INFLUENCE AND LASER OPTICAL ON RADIATION HYDROBYONT

*The article is devoted to the influence of laser and optical radiation on aquatic organisms. The main factors that determine the nature of the biological action of laser radiation on biological object. It is confirmed that the greatest positive effect is the use of low-intensity laser radiation. The characteristics of the laser and optical radiation; the results of studies related to the effect of radiation on biological objects mentioned at all, and including on aquatic organisms. The structure of the photobiological process is represented by two states and seven stages. It is noted that both laser and optical radiation is a manifestation of the nature of information, explains the many effects that previously had not received an adequate justification.*

*Keywords: biological object, optical radiation, laser radiation exposure, mechanism of action, biological processes, photochemical reactions, scattering, reflection, photo product, biochemical reactions range.*

### Постановка проблеми

Використання оптико-електронних та лазерних сенсорів у біології та медицині може здійснюватися в кількох напрямках, одним з яких є розробка на їх основі нових оптико-електронних та лазерних технологій для виявлення, ідентифікації, дослідження і будови біологічних об'єктів, а також, для вивчення природи процесів, що відбуваються в них [1].

Застосування оптико-електронних та лазерних сенсорів у біології і медицині засновано на використанні широкого кола явищ, пов'язаних із різноманітними проявами взаємодії світла з біологічними об'єктами. Оптичне випромінювання, так само як і звичайне світло, може відбиватися, поглинатися, розсіюватися, перевипромінюватися біологічним середовищем, і кожний із таких процесів несе інформацію про мікро- і макроструктуру цього середовища, рух і форму окремих його складових. Червоне, інфрачервоне (ІЧ) та ультрафіолетове (УФ) світло можуть виконувати фотобіохімічну дію. Прикладами цього є фотосинтез рослин і бактерій, а також механізм зору. Високоінтенсивне світлове випромінювання ультрафіолетового, видимого червоного та інфрачервоного діапазонів довжин хвиль робить руйнівну (деструктивну) дію на біологічні об'єкти [1].

Таким чином, процеси, що характеризують види взаємодій оптичного випромінювання з біооб'єктами, можна розділити на три групи. До першої відносять усі неспотворючі взаємодії (принаймні, у межах похибок вимірювань, що не здійснюють помітної дії на біооб'єкт), до другого - процеси, у яких виявляється фотохімічна дія, і до третього - процеси, що призводять до фотодеструкції.

Оскільки ми маємо справу з живими об'єктами, то крім фізико-хімічних проявів дії оптичного випромінювання, необхідно враховувати його вплив і на процес функціонування живої матерії. Цей вплив визначається ступенем гомеостазу живого об'єкта [2].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ступінь гомеостазу характеризує стани і процеси, що забезпечують стабільність організму до зовнішніх втручань, він є функцією еволюційного розвитку і виявляється найнижчим у біологічних молекул і найвищим в хребетних тварин.

Світло малої інтенсивності не запускає адаптаційні механізми біосистеми, з ростом інтенсивності спочатку це стосується гомеостазу живої системи на локальному рівні, потім включаються загальні адаптаційні і регуляційні механізми системи, що повністю її відновлюють, далі вони вже не справляються з повним відновленням і частково відбуваються незворотні процеси, що зростають і призводять до руйнацій у системі. Проте об'єкт можна ще вважати «живим», але при високих інтенсивностях, руйнації виявляються настільки значними, що об'єкт уже не може вважатися «живим» [2].

У досліджах по порівнянню поглинання червоного випромінювання з різними фізичними властивостями було встановлено, що просторова когерентність не впливає на поглинання, а поляризоване випромінювання поглинається менш активно ніж неполяризоване. Встановлено також, що розсіювання видимого світла при проходженні його через біотканину значно перевищує поглинання. Це означає, що лазерне світло має досить високу здатність проникнення в тканини.

На рис 1. представлено структуру факторів, що визначають біологічний характер дії лазерного випромінювання на біооб'єкти [4]. В той же час біологічна дія оптичного випромінювання

характеризується додатково такими показниками: глибина проникнення, енергія кванта, характер випромінювання (неперервний, імпульсний, комбінований), площа опромінення, щільність впливу променя, енергія відбиття, енергія розсіювання тощо.

#### Формулювання мети дослідження

Аналіз літературних джерел виявив, що вплив лазерного та оптичного випромінювання різнопланово впливає на біооб'єкти. При плануванні розвитку гідробіонтів необхідно ретельно проаналізувати особливості впливу різного роду випромінювань на об'єкт дослідження.

Метою роботи є аналіз сукупності взаємопов'язаних факторів випромінювання на гідробіонтів.

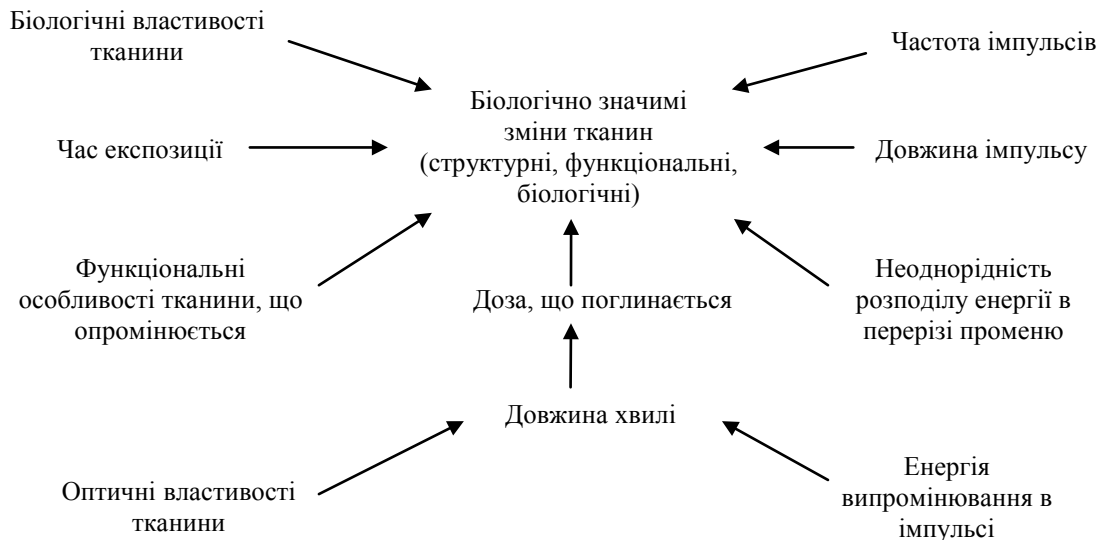


Рис. 1. Структура факторів лазерного випромінювання

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Вплив лазерного та оптичного випромінювання можна оцінювати за дозою експозиції, яка визначається таким чином:

$$D = P_{\text{серед}} \cdot T, \text{ або}$$

$$D = P_{\text{имп}} \cdot F \cdot I \cdot T, \quad (1)$$

де  $D$  – доза експозиції;

$P_{\text{серед}}$  – середня потужність низькоінтенсивного лазерного випромінювання (НІЛВ);

$P_{\text{имп}}$  – потужність імпульса, Вт;  $T$  – час експозиції, с;

$I$  – довжина імпульса, с;  $F$  – частота імпульсів, Гц [4].

НІЛВ має стимулюючий ефект, який суттєво залежить від поляризації та інтенсивності випромінювання, часу і режимів (безперервний, імпульсний, комбінований) впливу.

В той же час ступінь когерентності випромінювання особливої ролі не відіграє, що дозволяє рахувати практично однаковими випромінювання світлодіодного джерела і лазерного діода, які мають близькі довжини хвиль. Це підтверджено результатами дослідження комбінованої дії світлодіодного ( $\lambda=450\pm 15$  нм, синій спектр;  $\lambda=630\pm 10$  нм, червоний спектр) і лазерного ( $\lambda=808$  нм, ІЧ спектр) джерел випромінювання, коли було встановлено, що найбільш виражений синергізм мав місце при послідовній дії синього і червоного спектрів. В той же час, зворотна послідовність ефекту не дає [5].

При дослідженні впливу червоного і зеленого лазерних променів на мотилу у водному середовищі, було отримано приблизно однаковий ефект, але при цьому і червоний, і зелений промені підвищували температуру води, що свідчило про те, що основний механізм дії лазерних променів – тепловий. Також було встановлено, що червоний промінь „розігріває” воду в 4-5 разів сильніше, ніж зелений [6].

Вибіркова дія світла, яка є найважливішою рисою фотобіології, полягає в тому, що змінюючи довжину хвилі можна вибірково збуджувати і фотохімічно модифікувати різні біомолекули. Це дозволяє зробити висновок, що для оцінки біологічної ефективності дії світла обов'язково необхідні кількісні характеристики, і перш за все, - квантового виходу фотохімічної реакції і спектра дії [7].

В [7] запропоновано квантовий вихід фотохімічної реакції визначати як співвідношення

$$j = \frac{N}{M}, \quad (2)$$

де  $N$  – кількість пошкоджених молекул,  
 $M$  – кількість квантів, які поглинуто.

Таким чином, як показано в [8], фотобіологічні процеси проходять в два етапи: фізичний – коли відбувається взаємодія хвилі світла з молекулами біооб'єкта і біологічний – який фактично є реакцією відгуку біооб'єкта на дію світла.

В свою чергу, зазначені етапи передбачають декілька стадій фотобіологічного процесу [8]:

- поглинання кванту світла;
- внутрішньомолекулярні процеси розміну енергій (фотофізичні процеси);
- міжмолекулярні процеси переносу енергії збудженого стану;
- первинний фотохімічний акт;
- теплові реакції, що закінчуються утворенням стабільних фотопродуктів;
- біохімічні реакції за участі фотопродуктів;
- загальнофізіологічний відгук на дію світла.

Якщо узагальнити всі аспекти взаємодії лазерного та оптичного випромінювання, можна побачити, що одним з чинників, які визначають функціональний стан організму та рівень його фізіологічної адаптації, є регуляторний вплив електромагнітного випромінювання оптичного діапазону [9]. Це підтверджує тезу про те, що в біологічних тканинах під дією ЕМВ реалізуються різноманітні фізичні ефекти, пов'язані з поляризацією, провідністю біоструктур, генерацією власного ЕМП в т.ч. і на клітинному рівні.

В роботі [10] показано ще одну властивість лазерного випромінювання в червоній або інфрачервоній областях, яка полягає в симетричному діленні клітин ембріона, що розвивається в окремій ікринці і саме така симетрія сприяє більш рівномірному росту ембріонів по всіх напрямках. В результаті на світ з'являються крупні, рівні і симетричні передлічінки, а дія гелій-неонового лазера розглядається як своєрідний інформаційний сигнал для гідробіонтів. Підтвердженням інформаційної природи впливів є те, що біологічні ефекти, які зумовлені ними, залежать вже не від величини енергії, а від її інформаційного змісту (амплітуди, частоти, довжини, поляризації, щільності потужності тощо) і стану самого біооб'єкта [11,12].

### Висновки

Таким чином, при формуванні програм і виборі режимів опромінювання гідробіонтів, необхідно враховувати сукупність взаємопов'язаних факторів, що характеризують дію такого опромінювання:

1. Біологічних – біологічні та оптичні властивості і функціональні особливості тканин, які опромінюються.
2. Енергетичних – інтенсивність і щільність дії променя і викликана нею неоднорідність розподілу енергії в перерізі променя, енергія випромінювання в імпульсі, енергії відбиття і розсіювання.
3. Фізичних – просторової когерентності і поляризації випромінювання, показників відбиття, розсіювання і поглинання;
4. Експлуатаційних – частота, довжина і потужність імпульсів, режим і площа опромінювання, час експозиції і доза, яка поглинається.

### Список використаної літератури

1. Медицинская лазерология / Ф. В. Баллюзек, М. Ф. Баллюзек, Ю. Д. Березин и др. – СПб: НПО «Мир и семья-95», ООО «Интерлайн». - 2000. – 168 с. - ISBN: 92-1-200050-9 978-92-1-200050-3.
2. Владимиров Ю. А. Физико-химические основы фотобіологических процессов: учебное пособие для мед. и биол. спец. Вузов / Ю. А. Владимиров, А. Я. Потапенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 199 с.
3. Электромагнитные поля и излучения // Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://studopedia.org/6-95287.html>.
4. Крутик С.Ю. Особенности роста, развития и резистентности гидробионтов под воздействием низкоинтенсивного когерентного инфракрасного излучения: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биологических наук. Специальность 03.00.18 – Гидробиология / Крутик Сергей Юрьевич; МГУТУ. – М. – 2006. – 24 с.
5. Барулин Н. В. Развитие молодежи рыб под влиянием оптического излучения низкой интенсивности различной длины волны / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский / Сахаровские чтения 2011 года: экологический проблемы XXI века: материалы 11-й международной конференции, 19-20 мая 2011 г., г. Минск. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – С. 127.

6. Влияние красного и зеленого лучей на живые организмы // Информационный портал HintFox [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hintfox.com/article/vlijanija-lazernih-lychej-na-zhivie-organizmi.html>.
7. Потапенко В. Я. Действие света на человека и животных / В. Я. Потапенко // Соросовский образовательный журнал. – 1996. - № 10. – С. 13-21.
8. Коробов А. М. Фототерапевтические аппараты Коробова серии «Барва»: техн. характеристики и метод. рекомендации. 2-е изд. // А. М. Коробов, В. А. Коробов, Т. А. Лесная. – изд. Второе, . – Харьков: ИПП «Контраст», 2008. – 176 с. - ISBN 966-88553-1-3.
9. Даниловских М.Г. Обоснование стимуляции биологических систем оптическим излучением нетепловой интенсивности в сельском хозяйстве / М. Г. Даниловских, Л. И. Винник // Сельское, лесное и водное хозяйство. - 2012. - № 12 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://agro.snauka.ru/2012/12/788>. - ISSN 2226-213X.
10. Попова Э. К. Зачем рыбке лазер? / Э. К. Попова // Химия и жизнь. - 2006. - № 7. - С.54-59.
11. Фізичні основи біомедичної оптики : монографія / С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, П. Ф. Колісник та ін. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 152с. - ISBN 978-966-641-383-6.
12. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи [Монографія] / С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук, П. Ф. Колісник – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254с. - ISBN 978-966-641-211-2.