

L. A. Khudyakova, A. I. Bagatenkova, D. R. Kulakhmetov*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine***SPECTRAL METHOD OF ANALYSIS OF HEART RHYTHM VARIABILITY**

Introduction. The problem of chronic stress, when there is a constant increased tension of regulatory systems, affects almost the entire human population, but it is especially important for individual professional groups whose work is associated with the impact of a complex of stress factors. These are operators of computer systems, dispatchers, drivers, as well as businessmen and administrative and management office. Heart rhythm variability (HRV) analysis is an adequate method of assessing the level of stress in their daily activities.

Main part. The analysis of the spectral density of oscillation power gives information on the power distribution, depending on the frequency of oscillations. The application of spectral analysis allows to quantify the various frequency components of the heart rhythm (HR) fluctuations and graphically represent the ratio of various components of the HR reflecting the activity of certain parts of the regulatory mechanism.

This article considers information technology in the form of software, using which it is possible to process the results of studies of heart rate variability, which are obtained with the help of a specialized device and stored as a numerical array of data. The software is written using Matlab and it explores the array of data using the spectral method. A short analysis of the results was also carried out.

Conclusion. At the present stage of the practical use of the method of BCP analysis in applied physiology to clinical medicine, the above approaches to the physiological and clinical interpretation of data allow to effectively solve many tasks of the diagnostic and prognostic profile, evaluation of functional states, and the control of the effectiveness of therapeutic and prophylactic influences. The possibilities of this methodology are far from exhausted and its development continues. Further directions of development of methods of analysis of heart rate variability are determined.

Key words: heart rate variability, spectral method, RR-interval.

*Надійшла до редакції
19 квітня 2018 року*

*Рецензовано
11 травня 2018 року*

УДК 621 : 615.849.19

ІНТЕГРОВАНА ФОТОРЕГЕНЕРАЦІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ТКАНИНИ ПРИ ПОРУШЕННЯХ ЇЇ СТАНУ

Клочко Т. Р., Грибанова І. О., Скицюк В. І., Дастжерді А. Х. М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: t.klochko@kpi.ua

У статті йдеться про створення нових режимів лікувального випромінювання, які призначені для регенерації пошкоджених біологічних тканин.

Досліджено нові режими інтегрованого фізіотерапевтичного випромінювання, що формовані з урахуванням можливої зміни часових режимів та корекції відповідно біологічній структурі, на яку здійснено вплив. Досліджено вплив теплових полів на глибину проникнення випромінювання у фантомі біологічного багатошарового зразка, що утворюється внаслідок опромінення інтегрованою фізіотерапевтичною хвилею.

Ключові слова: *фантом, регенерація, оптичне випромінювання, часові режими, біологічна тканина, інтегрована фізіотерапевтична хвиля.*

Вступ

Дослідження регенерації тканин живого організму при хромотерапії демонструють хороші результати порівняно з стандартними методами лікування. Загоювання уражених, інфікованих тканин є складним, багаторівневим процесом. Саме тому актуально використовувати оптичне

когерентне випромінювання з метою пришвидшення регенерації пошкоджених, відкритих, поверхневих ділянок шкіри. Це дозволяє ввести подібні методи у сферу невідкладної медичної допомоги, спортивну, військову та інші сфери медицини на основі використання такого типу лікування.

Постановка задачі

Наразі значна кількість дослідів проводиться із застосуванням червоного або інфрачервоного випромінювання за безперервного часового режиму [1, 2, 3, 4]. Випромінювання довжиною хвилі $\lambda = 630$ нм ефективно для лікування шкірних захворювань і післяопераційних ран, для лікування виразок діабетичного походження, герпесу, вугрів, а також звичайних подряпин, забитих місць і опіків. ІЧ-випромінювання ефективно для зняття болю в суглобах, лікуванні ревматизму і розтягувань. Тобто цей діапазон випромінювання надає загальний вплив на весь організм, тобто на структурно-функціональні одиниці клітини, окремих органів, системи та цілісного організму [5, 6]. Відомі також випадки застосування оптичного випромінювання з довжинами хвиль в блакитному діапазоні спектра, що використовують для відновлення шкірного покрыву. Так, згідно до відомого методу [7] забезпечено збалансована терапія блакитним спектром випромінювання за допомогою освітлювальних приладів. Пристрій містить джерело світла (суміш синього світла та білого світла в межах джерела світла, діапазон якого становить приблизно (від 90%) від 420 до 490 нм синього світла та приблизно (10%) білого світла). Освітлювальний пристрій містить: масив флуоресцентних ламп або LED, світлодіоди, що містять синє світло і біле світло. Прилад додатково містить одне джерело з однієї сторони, що випромінює світло в синьому діапазоні довжин хвиль, а з іншої сторони — біле світло. Таким чином, здійснюється комплексний режим випромінювання збалансованого світла. Також апарат має функцію перемикання регулювання рівня синього та білого (нічного та денного) світла, що впливає на рівень мелатоніну.

Однак застосування інтегрованого оптичного випромінювання з довжинами хвиль $\lambda = 530$ нм, $\lambda = 460$ нм у комплексі з досить добре дослідженим впливом випромінювання довжиною хвилі $\lambda = 630$ нм на думку авторів може значно підвищити рівень такого лікування, виходячи з їх попередніх досліджень [8, 9]. Тому актуально дослідити вплив таких хвиль інтегрованого електромагнітного випромінювання, звертаючи увагу на розповсюдження теплових полів у представленому зразці та підібрати найбільш оптимальні режими для лікування порушень цілісності біологічних тканин. Актуальним питанням також є пояснення тих фізіологічних процесів, які відбуваються під дією лазерного випромінювання, тобто яким чином відбувається процес регенерації, на які структури живого організму впливає таке опромінення тощо.

Проблема полягає у дослідженні ефективних режимів випромінювання тканин при пошкодженні останніх. Отже, мета дослідження: удосконалити існуючі методи регенерації біологічних тканин

організму та дослідити експериментально на створеному фантомі.

Матеріали та методи

Для експериментального дослідження процесу регенерації певних біологічних тканин застосовано генератор комбінованого випромінювання з трьома довжинами хвиль $\lambda = 630$ нм, $\lambda = 530$ нм, $\lambda = 460$ нм з часовими режимами, що вказані в таблицях 1 – 5. Застосування комбінацій імпульсних режимів призначено для можливого обору режиму опромінення певного органу (або системи організму), оскільки кожна структура живого організму має свій частотний діапазон, спектральні характеристики. Отже, такі режими формують інтегровану фізіотерапевтичну хвилю оптичного випромінювання, яка має вплив на живий організм з огляду на частоту основного несучого сигналу та частоти модуляції, які відповідають спектральному діапазону коливань обраного органу системи. Отже, було застосовано авторський апарат «ПРОМІНЬ-АРІА» [8, 9].

Дослідження розповсюдження теплової енергії відбувалось на спроектованому зразку біологічного фантому (рис. 1), який складається з крові свині, шарів кишки свині. Всі складові попередньо були заморожені відразу після забиття тварини, тому фантом є наближеним до живого об'єкту за своїми характеристиками.

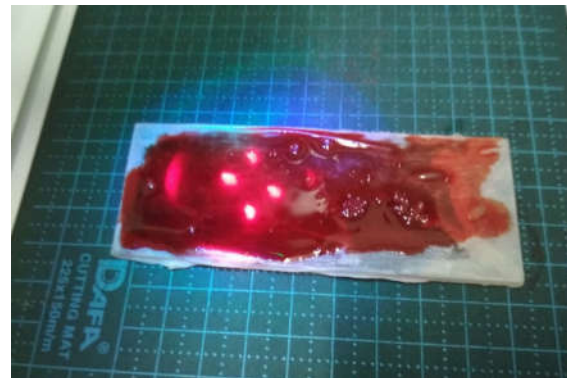


Рис. 1. Опромінення біологічного фантома комбінованим оптичним випромінюванням

Після фіксованого часу опромінення тканини відбувався замір значень розповсюдження температурних полів у масі фантому за допомогою портативної інфрачервоної камери «MobiR M3». Регенерація комбінованого випромінювання відбувається за допомогою випромінювача, який має у своєму складі чотири лазерних діода з довжиною хвилі 630нм, чотири світлодіода, що мають довжину хвилі 530нм, та чотири мають довжину хвилі 460нм. Інтегрована потужність випромінювання враховує всі можливі режими застосованих джерел випромінювання.

Таблиця 1 Режим випромінювання №1

Довжина хвилі, нм	630	460	530
Частота випромінювання, кГц	7	7	7
Інтегрована потужність випромінювання, Вт	0,0145	0,0018	0,0018
Час опромінення, с	300		
Частота кадру, Гц	20		

Таблиця 2 Режим випромінювання №2

Довжина хвилі, нм	630	460	530
Частота випромінювання, кГц	7	1	7
Інтегрована потужність випромінювання, Вт	0,0145	0,0017	0,0016
Час опромінення, с	300		
Частота кадру, Гц	20		

Таблиця 3 Режим випромінювання №3

Довжина хвилі, нм	630	460	530
Частота випромінювання, кГц	7	1	1
Інтегрована потужність випромінювання, Вт	0,0144	0,0017	0,0016
Час опромінення, с	300		
Частота кадру, Гц	20		

Таблиця 4 Режим випромінювання №4

Довжина хвилі, нм	630	460	530
Частота випромінювання, кГц	7	1	1
Інтегрована потужність випромінювання, Вт	0,0145	0,0018	0,0017
Час опромінення, с	300		
Частота кадру, Гц	10		

Таблиця 5 Режим випромінювання №5

Довжина хвилі, нм	630	460	530
Частота випромінювання, кГц	7	1	7
Інтегрована потужність випромінювання, Вт	0,0144	0,0017	0,0016
Час опромінення, с	300		
Частота кадру, Гц	10		

Результати та їх обговорення

Результати дослідження обраних режимів випромінювання таблиці 1-5 та проектування зміни температури експериментального зразка до і після опромінення режимом (рис. 2 - рис. 6).

В результаті опромінення режимом №1 збільшення температури у середньому склало 9,02 °С. Середня температура збільшилась у порівнянні з початковою середньою на 47%.

При опроміненні тканин режимом №2 збільшення температури у середньому склало 8,67 °С. Середня температура збільшилась у порівнянні з початковою середньою на 44,9%.

При опроміненні тканин режимом №3 збільшення температури у середньому склало – 8,73 °С. Середня температура збільшилась у порівнянні з початковою середньою на 41,9%.

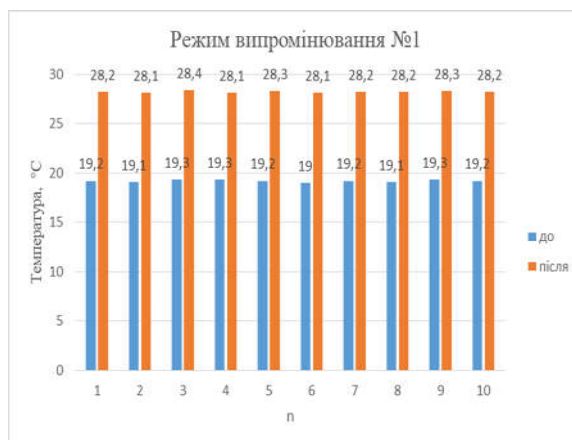


Рис. 2. Діаграма зміни температури експериментального зразка до і після опромінення режимом №1

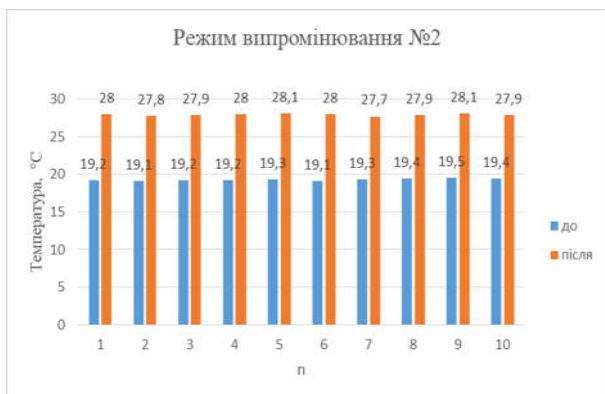


Рис. 3. Діаграма зміни температури експериментального зразка до і після опромінення режимом №2

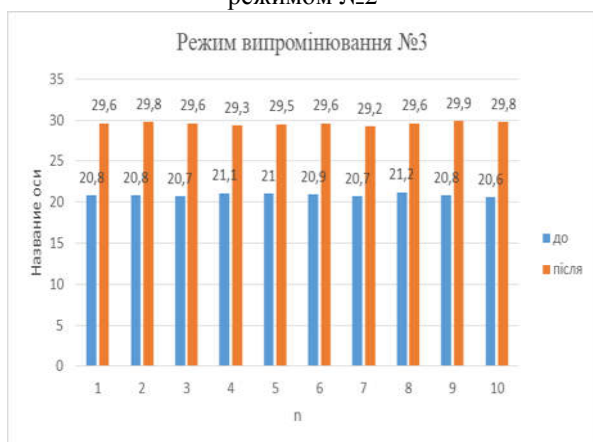


Рис. 4. Діаграма зміни температури експериментального зразка до і після опромінення режимом №3



Рис. 5. Діаграма зміни температури експериментального зразка до і після опромінення режимом №4

При опроміненні тканин режимом №4 збільшення температури у середньому складало – 6,53 °С. Середня температура збільшилась у порівнянні з початковою середньою на 31,6%.

При опроміненні тканин режимом №5 збільшення температури у середньому складало 7,96 °С. Середня температура збільшилась у порівнянні з початковою середньою на 41,1%.

Причому згідно з дослідженнями [10] опромінення тканин слід проводити через день, так як фотостимуляція кожного дня дає такий самий ретривічний ефект.



Рис. 6. Діаграма зміни температури експериментального зразка до і після опромінення режимом №5

На рис. 7 показано зміну середньої температури в біологічному зразці при різних режимах випромінювання.

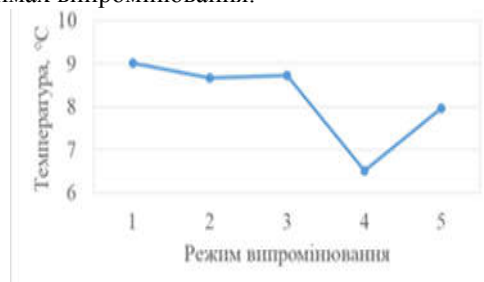


Рис. 7. Діаграма зміни середньої температури залежно від режиму випромінювання

Отримані значення зміни температури біологічного фантома доводять вплив інтегрованого оптичного лазерного випромінювання на багаточасову біологічну структуру.

На рис. 8 представлено досліджуваний зразок після взаємодії з комбінованим випромінюванням (а) та без взаємодії (б) за однаковий час.

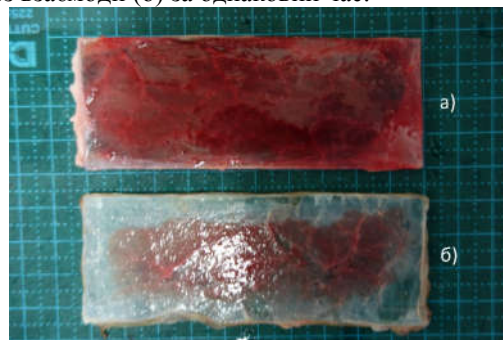


Рис. 8. Розповсюдження крові свині у фантомі за однаковий часовий період, де: а) під дією НІЛВ, б) без дії НІЛВ

Таким чином, можна визначити, що вплив інтегрованого оптичного випромінювання на біологічний фантом достатньо показує розповсюдження температурних полів кількістю крові, яка залишається на поверхні фантому. Отже, збільшується глибина проникнення у шари фантому завдяки нагріву багатошарових тканин та таким чином, збільшується ступінь засвоєння живим організмом випромінювання, яке надходить на поверхню.

Оскільки важливим параметром лікувального випромінювання є щільність потужності, то ці значення розраховані, виходячи з наявності джерел випромінювання у системі.

Розраховані значення занесено у таблицю 6.

Вимірювання температурних полів до і після опромінення біологічного зразка комбінованим випромінюванням дає хороший результат для оцінки підібраних режимів випромінювання у даному випадку.

Таблиця 6 Розрахунок параметрів випромінювання

	Щільність потужності, $\frac{Вт}{см^2}$ для:			Загальна щільність потужності (чотири діода), $\frac{Вт}{см^2}$
	$\lambda = 630$	$\lambda = 460$	$\lambda = 530$	
Режим№1	0,01	$5,73 \cdot 10^{-5}$	$5,73 \cdot 10^{-5}$	0,010115
Режим№2	0,01	$5,73 \cdot 10^{-5}$	$5,41 \cdot 10^{-5}$	0,010111
Режим№3	0,01	$2,548 \cdot 10^{-5}$	$2,707 \cdot 10^{-5}$	0,010112
Режим№4	0,0104	$2,548 \cdot 10^{-5}$	$2,548 \cdot 10^{-5}$	0,010051
Режим№5	0,0104	$2,548 \cdot 10^{-5}$	$2,707 \cdot 10^{-5}$	0,010453

Технічні рекомендації для створення методики лікувального впливу

Згідно з отриманими експериментальними даними можна сформулювати такі технічні рекомендації, щодо регенерації тканин живого організму:

1. Час проведення процедури — 300 с.
2. Рекомендовані довжини хвиль

$\lambda = 630\text{нм}, \lambda = 530\text{нм}, \lambda = 460\text{нм}$.

3. Кількість сеансів 5-6 через добу.
4. Рекомендовано використовувати частоту випромінювання 7 кГц для всіх випромінювачів.
5. Частота кадрів — 20 Гц.
6. Загальну щільність потужності

випромінювання бажано вибирати $0,010115 \left(\frac{Вт}{см^2} \right)$.

Режими визначає лікар для конкретного клінічного випадку, тому рекомендації будуть змінюватися, але потрібно звернути увагу на:

1. Площу, яку потрібно опромінити;
2. Локалізацію рани;
3. Методика опромінення: стаціонарна (фіксоване) чи сканування ураження;
4. Вид захворювання.

Висновки

Запропоновано основи методики лікування поверхневих ран живого організму за допомогою використання низькоінтенсивного лазерного випромінювання модульованим імпульсним сигналом при обраних часових режимах. Запропоновано технічні рекомендації для створення методики лікування пошкоджень біологічних тканин. Розроблені технічні рекомендації для лікування шкірних пошкоджень комбінованим випромінюванням низької інтенсивності доводять доцільність використання кількох довжин хвиль при обраних режимах випромінювання.

У подальшому актуально використовувати різні типи імпульсної модуляції для формування потрібних вихідних параметрів випромінювання через, те, що такий метод лікування є гнучким і дає можливість лікарю обирати, який вплив буде здійснено на постраждалі тканини чи органи у тому чи іншому випадку, опираючись на локалізацію ураження, виду хвороби, спосіб опромінення ділянки, площу впливу.

Література

1. Самосюк І.З., Лысенюк В.П., Лобода М.В. Лазеротерапия и лазеропунктура в клинической и курортной практике. Киев: Здоров'я, 1997. 238 с.
2. Імітаційна модель розповсюдження оптичного випромінювання в біотканинах / С. Д.Павлов, С. Є. Тужанський, Т. І. Козловська, А. В. Козак // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2011. №3. С. 191–194.
3. McKibbin. L., Downie R. Treatment of Post Herpetic Neuralgia using a 904nm (infrared) Low Incident Energy Laser: a Clinical Study // LLLT Symposium for Postherpetic // Neuralgia, 2003. Pp. 35–39.
4. G. K. Reddi, L. Stehno-Bittel, C. S. Enwemeka. Lasers and their applikation // J. Med. Photobiol. 1992. Vol. 16, № 3. P. 347–355.
5. Barolet D. Light-Emitting Diodes (LEds) in Dermatology. // Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery. 2008. №4. С. 227–238.
6. P. Taroni, A. Pifferi, A. Torricelli etc. In vivo absorption and scattering spectroscopy of biological tissues // Photochemical & Photobiological Sciences. 2003. №2. С. 124–129.
7. Patent 2445840 USA, IPC H01J 61/38 (2006.01) A61N 5/06 (2006.01). Balanced blue spectrum therapy lighting / Bolta C.; agent Borden Ladner Gervais LLP. № CA2445840 ; filed date 21.10.2003 ; issued 23.04.2004.

8. Голопура С.І., Клочко Т.Р., Скиба О.О., Якимчук О.М., Дастжерді А.Х.М. Вплив лазерного опромінення на показники крові хворих на диспепсію і бронхопневмонію телят // Біологія тварин. Клінічна Біохімія. – Т. 12, № 1, 2010.
9. Дастжерді А.Х.М., Клочко Т. Р., Скицюк В.І., Голопура С.І. Стимуляція регенерації біологічних структур випромінюванням фізіотерапевтичних приладів серії «ПРОМІНЬ» // Фотобіологія та фотомедицина. 2010. № 3(4). С. 102-105.
10. Дастжерді А. М., Клочко Т. Р., Рассохин В. Ф. Физиотерапевтический метод комплексного воздействия на рубцовые ткани // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладо-будування. 2006. №32. С. 139–145.

УДК 621 : 615.849.19

Т.Р. Клочко, И.А. Грибанова, В.И. Скицюк, А.Х.М. Дастжерди

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ФОТОРЕГЕНЕРАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ ПРИ НАРУШЕНИИ ЕЕ СОСТОЯНИЯ

Введение. Исследование регенерации тканей живого организма при хромотерапии демонстрируют хорошие результаты по сравнению со стандартными методами лечения, например, медикаментозными.

Основная часть. В статье предложены новые режимы оптического излучения, которые предназначены для регенерации поврежденных биологических тканей.

Исследованы новые режимы интегрированного физиотерапевтического излучения, формируемые с учетом возможного изменения временных режимов и коррекции в соответствии биологической структуре, на которую было оказано влияние. Итак, выбранные режимы формируют интегрированную физиотерапевтическое волну оптического излучения, которая имеет влияние на живой организм. Такая волна учитывает частоты основного несущего сигнала и частоты модуляции, которые соответствуют спектральному диапазону колебаний определенного органа системы живого организма. Итак, был применен авторский аппарат «ПРОМІНЬ-АРИА».

Выводы. Предложены технические рекомендации для лечения кожных повреждений комбинированным излучением низкой интенсивности доказывают целесообразность использования нескольких длин волн при выбранных режимах излучения. Результаты работы вносят новые аспекты в исследования температурных изменений биологической ткани при использовании конкретных режимов излучения и могут использоваться в других случаях исследований, а также практике лечения повреждений.

Ключевые слова: фантом, регенерация, оптическое излучение, временные режимы, биологическая ткань, интегрированная физиотерапевтическая волна.

T. Klotchko, I. Hrybanova, V. Skytsiuk, A.H.M. Dastjerdi

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

INTEGRATED PHOTOREGENERATION OF BIOLOGICAL TISSUES AT DAMAGES OF ITS STATE

Introduction. Studies on the regeneration of living tissue tissues with chromotherapy show good results compared to standard treatment methods.

Main part. The article is offered the creation of new therapeutic radiation regimes that are intended to regenerate damaged biological tissues. Studied new modes of physiotherapy integrated radiation molded considering possible changes in the time correction mode and under biological structures, which made influence. Thus, the mode shape of physiotherapeutic wave are integrated optical radiation that affects the living organism due to the frequency of the main carrier signal and frequency modulation, which correspond to the spectral range of variations selected body systems. The use of combinations of pulse mode is possible for some systems of the body, as each structure of a living organism has a frequency range of spectral characteristics. So, the author's device "PROMIN-ARIA" was applied. The influence of thermal fields on the depth of radiation penetration in a phantom of biological multilayer specimen, which is formed as a result of irradiation by an integrated physiotherapeutic wave, is investigated. **Conclusion.** The results of the work make a new study of the temperature changes of the design sample of the phantom of biological tissue using specific radiation modes and can be used in other studies and practice of treatment of injuries.

In the future, it is important to use different types of pulse modulation to create the necessary initial radiation parameters, because such a method of treatment is flexible and allows the physician to choose the effect that will be made on the affected tissue or organs in one or another case, based on the localization of the lesion, the type of illness, the method of irradiation of the site, the area of influence.

Keywords: phantom, regeneration, optical radiation, time regimes, biological tissue, integrated physiotherapeutic wave.

*Надійшла до редакції
19 квітня 2018 року*

*Рецензовано
28 квітня 2018 року*