

**Прилади і системи біомедичних технологій**

<p>Болдескул А.Е., Охай Ю.И., Фатеев Ю.Ф.  <b>Система обеспечения подачи рапы необходимой концентрации для бальнеологических больниц.</b>          Разработанная система контроля и регулирования подачи водного раствора рапы состоит из блока фильтрации, двух контактных платино-платинированных двухэлектродных датчиков измерения электропроводности, моста переменного тока и исполнительного механизма подачи рапы в накопительную емкость. Выбор метода контроля концентрации раствора обусловлено происхождением образцов рапы из разных природных источников.</p>	<p>Boldeskul O. E., Okhai Yu. I., Fatyeyev Yu. F.  <b>System for regulated supply of brine of required concentration for balneological hospitals.</b>          The developed control system for regulated supply of concentrated salt water solution (brine) consists of a filter block, two contact platinum-platinated 2-electrode sensors for measuring electroconductivity, alternating current bridge and working device of the brine delivery to an accumulating container. The above-mentioned way of the salt solution concentration control is determined by the brine sample origin from different mineral sources.</p>
---	---

Надійшла до редакції  
 30 березня 2008 року

УДК 615.849.19

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТИМУЛЯЦІЇ ЗАХИСНИХ ФУНКЦІЙ ОРГАНІЗМУ ІНТЕГРОВАНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

<sup>2)</sup>Голопура С.І., <sup>1)</sup>Дастжерді А.Х.М., <sup>1)</sup>Клочко Т.Р., <sup>2)</sup>Колесник В.Я., <sup>1)</sup>Тимчик Г.С.,  
<sup>1)</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
<sup>2)</sup>Національний аграрний університет, м. Київ, Україна

*В роботі йдеться про експериментальні дослідження впливу інтегрованим електромагнітним світловим випромінюванням на біологічні організми з метою загального покращення стану та підвищення ефективності лікування*

### Вступ. Постановка задачі

Наразі досить відоме застосування впливу лазерного випромінювання на біологічно активні точки (БАТ) та біологічно активні зони (БАЗ) при лікуванні хвороб [1 - 5]. Для підсилення ефекту терапії лазерна акупунктура може бути застосованою спільно з іншими способами лазерного впливу, а також спільно з медикаментозним лікуванням.

Для лазерної акупунктури наразі застосовують різні за конструкцією лазерні апарати, які дозволяють доводити випромінювання до БАТ або БАЗ. При цьому лазерне випромінювання має певні характеристики щодо потужності випромінювання, параметрів модуляції, дозування, часу експозиції тощо. Вибір режимів опромінювання дозволяє оптимізувати ефективність лікування.

При застосуванні лазерів для акупунктури при лікуванні є певна аналогія з китайською або європейською методологією впливу на активні точки та зони. Так, А. П. Ромоданов та співавт. (1984) вважають, що лазерний вплив на БАЗ є ідентичним традиційному китайському методу (чжень-цзю терапії) прогрівати або припалювати сигаретами з полині (ІЧ випромінювання). Відомий спосіб ла-

зерної рефлексотерапії (потужність випромінювання - до 2 мВт при частоті модуляції від 0,5 до 10 Гц та впливу на зону на протязі 30-60 с. Ця доза є еквівалентною 20-30 хвил методу голкотерапії. В.І. Козлов та співавт. (1993) використовували для нормалізації регуляції та активізації мікроциркуляції визначений набір загальних БАТ, котрі є базовим рецептом [6]. При цьому для неперервного ІЧ лазера цими авторами використано потужність випромінювання на торці світловода 0,3-0,4 мВт (діаметр світловода 1,3 мм), частоту модуляції від 2 до 4 Гц, а експозицію на корпоральную точку – від 15 до 20 с.

Методика В.Є. Ілларіонова (1994) полягає у поверхневому впливі червоним лазером (потужність до 5 мВт), а для більш глибокого проникнення – у впливі інфрачервоним (ІЧ) лазером (потужність до 25 мВт). При цьому оптимальні частоти імпульсного або модульованого лазерного випромінювання визначені біля 30 Гц для стимулюючого ефекту та 50-100 Гц - для гальмуючого. Час впливу для стимуляції на одну точку - до 20 с, а для гальмування - до 60 с.

Дослідження, проведені авторами [7], показали, що збуджуючий ефект лазерної рефлексотерапії отримується при мінімальному часі впливу (5-10 с), мінімальній кількості полів (2 - 4), максимальній енергії випромінювання (5 мВт/см<sup>2</sup>), частоті модуляції (1 - 10 Гц). Гальмуючий ефект лазерної рефлексотерапії виникає при максимальному часі впливу на 1 поле (1-3 хвил), максимальній кількості полів, мінімальній енергії випромінювання (1-3 мВт/см<sup>2</sup>), частоті модуляції (20 - 100 Гц). Проміжні параметри впливу мають властивості щодо гармонізації стану біологічного об'єкта.

Отже, усі відомі подібні методи та створена апаратура використовують випромінювання однієї довжини хвилі, що здебільшого залежить, на думку авторів, від або конкретного типу захворювання, або від тієї апаратури, яка є наразі. Тому необхідними є дослідження нових, більш ефективних режимів впливу лазерного випромінювання на активні зони та точки, а також рекомендації щодо створення відповідної апаратури.

В роботі наведені результати дослідження впливу низькоенергетичного електромагнітного випромінювання оптичного діапазону на загальний стан тварин, проведених на прикладі великої рогатої худоби, при застосуванні методики акупунктури () [8].

### **Дослідження реакцій біологічного організму на вплив лазерною акупунктурою**

Як було доведено [3, 4, 7], лазерна акупунктура має вплив на різні багаторівневі рефлекторні та нейрогуморальні реакції організму, внаслідок чого стимулюється синтез гормонів, покращується мікроциркуляція в тканинах тощо. Сеанси лазерної акупунктури можливо проводити з використанням неперервного випромінювання, але більш ефективним є імпульсне або модульоване випромінювання, де формування частот є залежним від типу патології. При цьому максимальний ефект спостерігається до 5-7 процедури, а також є більш довготривалим, ніж при рефлексотерапії із застосуванням голок.

Оскільки БО є відкритими системами, котрі з зовнішнім середовищем стосуються через енергетичні імпульси, вони є нерівноважними, диссипативними. Тому в цій системі, тобто в організмі тварини (або людини), елементи взаємопов'язані, кожний з них може змінювати свій стан, лише змінивши інший елемент або систему в цілому.

При оптимальних дозах впливу на організм низькоенергетичним лазерним випромінюванням здійснюють енергетичну стимуляцію, що в системах та органах викликає процеси активізації саморегуляції. Когерентне випромінювання має особливий вплив на біологічні структури, що мають дефектні клітини, та майже не впливають на клітини, що функціонують нормальним чином [9].

Глибина проникнення цього випромінювання в тканини біологічного об'єкта залежить також значною мірою від довжини хвилі. Поглинання біологічною тканиною низькоенергетичного електромагнітного випромінювання оптичного діапазону залежить від її властивостей, так, шкіра людини в середньому поглинає 25-40% випромінювання у діапазоні довжин хвиль від 0,60 мкм до 1,40 мкм. Як відомо [1 - 6], здатність електромагнітного випромінювання до проникнення вглиб біологічної структури при довжинах хвиль від 0,39 мкм до 0,59 мкм поступово збільшується від 1-20 мкм до 2,5 мм. При цьому спостерігається різке збільшення глибини проникнення (до 20-30 мм) при довжинах хвиль від 0,62 мкм до 0,65 мкм, з максимумом проникнення при довжинах хвиль від 0,950 мкм до 1,4 мкм - до 70 мм) та різким зниженням до долей міліметра в діапазоні більших довжин хвиль. Тому доцільним є опромінювання БАЗ як основних найбільш енергетично відкритих зон організму.

В проведеному експерименті опромінювали тварин по основних БАЗ, котрі відповідають загальному стану, імунітету біологічного організму. Застосоване електромагнітне випромінювання є когерентним з довжиною хвилі 0,65 мкм та некогерентним з довжиною хвилі 0,51 мкм та загальною частотою модуляції 10 Гц. Електромагнітне випромінювання до БАЗ постачалося спеціальним випромінюючим пристосуванням до створених пристроїв керування. Вплив на БАЗ здійснено за часом експозиції 3 хвил, що обумовлено достатньо товстим шаром шкіри тварини, скрізь який потрібно проникнути випромінюванню.

Таким чином здійснено комбінований неінвазивний вплив на найбільш енергетично відкриті зони організму через шкіру. При цьому застосований вплив когерентного монохроматичного випромінювання з одночасним впливом шумової компоненти випромінювання на кровоносну систему, оскільки після проникнення через шкіру електромагнітне випромінювання досягає кровоносної системи та впливає на усі типи тканини. Оскільки кров, лімфа тощо, є складними багатокомпонентними системами, вони містять елементи із загальним властивостями рідких кристалів. Отже, наявність в крові формених елементів (еритроцитів, лейкоцитів та інших елементів) підвищують сприятливість організму до впливу зовнішніх фізичних чинників.

Застосоване для лікувального впливу низькоенергетичне двочастотне електромагнітне випромінювання, що має характеристики когерентності та некоге-

рентності, впливає у широкому частотному діапазоні на властивості крові. При цьому, як довели експериментальні дослідження (див. Таблицю), підвищуються показники гемоглобіну та показники, що відповідають за імунітет.

Таблиця - Показники крові при опромінюванні БАЗ

Об'єкт №1. Корова, 7 років

Найменування показників		Результат до впливу	Результат після впливу	Норма
Гемоглобін		85 г/л	93 г/л	99-129 г/л
Еритроцити		$4,2 \cdot 10^{12}/\text{л}$	$4,7 \cdot 10^{12}/\text{л}$	$5,0-7,5 \cdot 10^{12}/\text{л}$
Лейкоцити		$5,8 \cdot 10^9/\text{л}$	$5,95 \cdot 10^9/\text{л}$	$4,5-12,0 \cdot 10^9/\text{л}$
Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)		2 мм/год	2 мм/год	0,5-1,5
Нейтрофіли	Міелоцити	-	-	-
	Метаміелоцити	-	-	0-1
	Паличкоядерні	2	2	2-5
	Сегментоядерні	17	22	20-35
Еозинофіли		33	22	5-8
Базофіли		0	1	0-2
Лімфоцити		46	53	40-65
Моноцити		2	0	2-7
Плазматичні клітини		-		

Об'єкт №2. Корова, 9 років

Найменування показників		Результат до впливу	Результат після впливу	Норма
Гемоглобін		90 г/л	100 г/л	99-129 г/л
Еритроцити		$4,4 \cdot 10^{12}/\text{л}$	$6,9 \cdot 10^{12}/\text{л}$	$5,0-7,5 \cdot 10^{12}/\text{л}$
Лейкоцити		$5,7 \cdot 10^9/\text{л}$	$6,10 \cdot 10^9/\text{л}$	$4,5-12,0 \cdot 10^9/\text{л}$
Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)		2 мм/год	2 мм/год	0,5-1,5
Нейтрофіли	Міелоцити	-	-	
	Метаміелоцити	-	-	
	Паличкоядерні	2	-	
	Сегментоядерні	22	21	
Еозинофіли		17	14	5-8
Базофіли		0		0-2
Лімфоцити		62	64	40-65
Моноцити		0	1	2-7
Плазматичні клітини				

Проведені процедури опромінювання загальний стан тварин, які мали недостатній імунітет внаслідок несприятливих зовнішніх умов їх утримання, покращився.

Окрім того, оскільки біологічні рідини мають специфічні фотоакцептори, що реагують на когерентне випромінювання визначеної довжини хвилі [7], то значний вплив для виникнення перетворень у рідких комплексах біологічного об'єкта має енергетична потужність фотонів випромінювання оптичного діапазону. Отже, наявність в біологічних рідинах (крові) сукупності специфічних і неспецифічних фотоакцепторів, котрі поглинають енергію цього випромінювання та забезпечують її перетворення в біофізичних і біохімічних процесах, обумовлюють сприятливість біологічного об'єкта до низькоенергетичного електромагнітного випромінювання оптичного діапазону.

При цьому густина дози опромінення, яка є енергією модульованого випромінювання, що розподілена на площі поверхні впливу на БАЗ, визначається як

$$D = \frac{P_{\text{cp}} \cdot T_e}{S} = \frac{P_{\text{max}} \cdot \tau_i \cdot T_e}{T_i \cdot S},$$

де  $P_{\text{cp}}$  – середня потужність випромінювання,  $P_{\text{max}}$  – максимальна потужність випромінювання,  $T_e$  – час впливу на БАЗ,  $T_i$  – період слідування імпульсів випромінювання,  $\tau_i$  – тривалість імпульсу,  $S$  – площа впливу.

Оптимізація дози визначається за параметрами  $P_{\text{cp}}$ ,  $T_e$ ,  $S$ .

Оскільки опромінення здійснювалося безконтактно на відстані 2 см від поверхні шкіри тварини, площа впливу станове  $S = 0,6 \text{ см}^2$ , що достатньо для опромінювання БАЗ. Виходячи з наведених вище експериментальних режимів доза опромінення становила  $0,82 \text{ Дж/см}^2$ .

Модульоване електромагнітне випромінювання, зокрема з довжиною хвилі  $0,50 \text{ мкм}$ , стабілізує метаболічні функції організму, що призводить до підвищення показників імунітету, стабілізації нервової системи. Цей вплив має ефект стабілізації енергії біологічного об'єкта як багатокомпонентної системи. Тому визначені режими опромінювання можуть покладені в основу схемотехнічних рішень при створенні нової апаратури для фізіотерапевтичного лікування.

## Висновки

Проведені експериментальні дослідження довели високу ефективність впливу низькоенергетичного електромагнітного випромінювання оптичного діапазону методом рефлексотерапії на підвищення імунітету тварин, стабілізації та покращенню загального клінічного стану.

Внаслідок отриманих позитивних результатів подальші дослідження спрямовані на створення відповідної апаратури та дослідження її застосування для лікування та діагностики захворювань.

## Література

1. Гримблатов В.М. Современная аппаратура и проблемы низкоинтенсивной лазерной терапии // Сб. Применение лазеров в биологии и медицине. – К.: 1996. – С. 123-127.

2. Инюшин В.М. Лазерный свет и живой организм. - Алма-Ата, 1970. – 46 с.
3. Инюшин В.М., Чекуров П.Р. Биостимуляция лучом лазера и биоплазма. - Алма-Ата, Казахстан, 1975. – 120 с.
4. Анищенко Г.Я., Полянская З.М., Лукьянюк Е.В., Данилов А.В. и др. Лазеропунктура в неврологии: Метод. рекомендации. - М., 1991. – 21 с.
5. Илларионов В.Е. Техника и методики процедур лазерной терапии: Справочник. - М., 1994. – 120 с.
6. Буйлин В.А., Москвин С.В. Низкоинтенсивные лазеры в терапии различных заболеваний. – Тверь: ООО «Издательство «ТРИАДА», 2005. – 176 с.
7. Рассохин В.Ф. Лазерная терапия в неврологии. – К.: Серж, 2001. – 128 с.
8. Чжу Лянь. Руководство по современной чжень-цзютерапии. Под ред. проф. И.Кочергина. Пер. с кит. – М.: Медгиз, 1959. - 272 с.
9. Попов А.Ю., Попова Н.А., Тюрин А.В. Физическая модель воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на биологические объекты // Оптика и спектроскопия. – 2007. – Т.103, № 3. – С.502 – 508.

<p>Голопура С.И., Дастжерди А.Х.М., Ключко Т.Р., Колесник В.Я., Тымчик Г.С. <b>Исследование стимуляции защитных функций организма интегрированным электромагнитным излучением</b></p> <p>В работе приведены данные экспериментальных исследований влияния интегрированным электромагнитным излучением на биологические организмы с целью общего улучшения состояния и повышения эффективности лечения</p>	<p>Golopura S.I., Dastjerdi A.H.M., Klotchko T.R., Kolesnyk V.Y., Tymchyk G.S. <b>Investigations of the stimulation of the defensive functions of organism by integrated electromagnetic radiation</b></p> <p>In work state of the experimental investigations of the influence at biological organism by integrated electromagnetic radiation for the overall improvement of condition and effectiveness increase of the treatment</p>
---	---

*Надійшла до редакції  
25 квітня 2008 року*