

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

«На правах рукопису»
УДК 615.849.19

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Віктор АНТОНЮК
«__» грудня 2020р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійного програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань»

Виконав :

студент VI курсу, групи ПБ-92
Білецький Павло Васильович

Керівник:

С.н.с., к.т.н., доц. каф. виробництва приладів
Клочко Тетяна Реджинальдівна

Консультант з розроблення стартап-проекту:

Д.с.н., доц. каф. менеджменту
Бояринова Катерина Олександрівна

Рецензент:

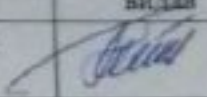
Д.с.н., проф.
Михайленко О.І.

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: зображення, графіки, таблиці.
7. Орієнтовний перелік публікацій: дві наукові статті.
8. Консультанти розділів дисертації

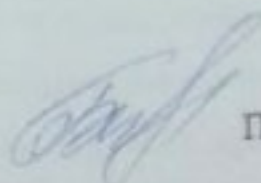
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розроблення стартап-проекту	Бояринова К.О., д.е.н., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел	15.09.2020р.	
2	Постановка задачі дослідження	25.09.2020р.	
3	Аналіз методів лазерної терапії	05.10.2020р.	
5	Розробка автоматизованого методу	15.10.2020р.	
6	Опис методу	25.10.2020р.	
7	Проведення експериментальних досліджень	05.11.2020р.	
8	Аналіз та обробка результатів	15.11.2020р.	
9	Розробка стартап-проекту	25.11.2020р.	
10	Підготовка ПЗ	30.11.2020р.	
11	Презентація	05.12.2020р.	

Студент



Павло БІЛЕЦЬКИЙ

Науковий керівник дисертації



Тетяна КЛОЧКО

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

«На правах рукопису»
УДК 615.849.19

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

«__» __ грудня 2020р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань»

Виконав :

студент VI курсу, групи ПБ-92

Білецький Павло Васильович

Керівник:

С.н.с., к.т.н., доц. каф. виробництва приладів

Клочко Тетяна Реджинальдівна

Консультант з розроблення стартап-проекту:

Д.е.н., доц. каф. менеджменту

Бояринова Катерина Олександрівна

Рецензент:

С.н.с., д.т.н., доц. кафедри

Микитенко Володимир Іванович

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Білецькому Павлу Васильовичу

1. Тема дисертації: Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань

науковий керівник: Ключко Тетяна Реджинальдівна, к.т.н., доцент

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2020 р. № 3228-с

2. Термін подання студентом дисертації 05 грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження: Низько-інтенсивне лазерне випромінювання та його біологічний вплив на живі організми.

4. Вихідні дані: Система інтегрованої терапії, з використанням НІЛВ для лікування дерматологічних захворювань, зокрема псоріазу.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) Огляд характеристик лазерного випромінювання; 2) Дослідження біологічної дії впливу лазерної терапії на організми; 3) Огляд дерматологічного захворювання; 4) Використання методів лазеротерапії для лікування псоріазу; 5) Розробка установки для проведення автоматизованої терапії; 6) Провести огляд елементів такого обладнання та опис принципу роботи обладнання; 7) Дослідження потужності опромінювання; 8) Проведення та аналіз експериментальних досліджень; 9) Зробити висновки за результатами досліджень.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: зображення, графіки, таблиці.

7. Орієнтовний перелік публікацій: дві наукові статті.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розроблення стартап-проекту	Бояринова К.О., д.е.н., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел	15.09.2020р.	
2	Постановка задачі дослідження	25.09.2020р.	
3	Аналіз методів лазерної терапії	05.10.2020р.	
5	Розробка автоматизованого методу	15.10.2020р.	
6	Опис методу	25.10.2020р.	
7	Проведення експериментальних досліджень	05.11.2020р.	
8	Аналіз та обробка результатів	15.11.2020р.	
9	Підготовка ПЗ	25.11.2020р.	
10	Розробка стартап-проекту	30.11.2020р.	
11	Презентація	05.12.2020р.	

Студент

Павло Білецький

Науковий керівник дисертації

Тетяна Ключко

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи: 108 сторінок.

Кількість ілюстрацій: 21 ілюстрацій.

Кількість таблиць: 29 таблиць.

Кількість джерел за переліком посилань: 57 джерел.

Актуальність теми

Проблема псоріазу набула сьогодні особливої актуальності, враховуючи значне поширення цієї недуги. Псоріаз (лускатий лишай) - хронічне шкірне захворювання неінфекційного походження. Ця хвороба «живе» в усіх широтах Земної кулі і добре «почувається» серед населення будь-яких національностей і рас. Від псоріазу страждає 3% людства. Більшість пацієнтів із псоріазом потерпають від депресій, відчуття замкнутості, ізолюваності від суспільства, мають знижену самооцінку. Як і всі автоімунні хвороби, псоріаз лікують методами, які пригнічують імунну систему. Та, на жаль, жоден із них не може знизити активність імунних клітин назавжди, тож сучасні засоби усувають симптоми псоріазу, але не здатні вплинути на його глибинну причину – атаку імунної системи на шкіру.

В сучасній дерматології для лікування псоріазу використовується цілий ряд терапевтичних методів. Інтерес дослідників і клініцистів все частіше звертається до питань немедикаментозної корекції при псоріазі, зокрема фототерапії. Серед методів фототерапії перспективним є низько-інтенсивне лазерне випромінювання (НІЛВ). Інтенсивний розвиток в останні роки лазерної терапії (ЛТ) визначається високою універсальністю методу, в ряді випадків реальною альтернативою існуючому медикаментозному лікуванню, сполучуваністю практично з усіма видами терапії, можливістю підвищувати чутливість до ряду лікарських препаратів, відсутністю багатьох протипоказань, характерних для традиційної медицини, що є його великою перевагою в порівнянні з багатьма фармакологічними засобами, і, нарешті, високою економічною ефективністю.

Мета й завдання дослідження

Мета дослідження – вивчити та дослідити залежність ефективності впливу від обраного режиму опромінення при лікуванні дерматологічних захворювань шляхом використання систем інтегрованої терапії із застосуванням низькоінтенсивного лазерного випромінювання (НІЛВ).

Завдання дослідження:

1. Дослідити особливості низькоінтенсивного лазерного опромінення та його біологічний вплив на шкірний покрив та організм в цілому.
2. На основі існуючих методів застосування лазерної терапії при лікуванні псоріазу показати ефективність таких методик на прикладі лікування псоріазу.
3. Обґрунтувати вибір елементної бази та програмно-апаратних засобів для ефективнішого застосування систем інтегрованої терапії при лікуванні дерматологічних захворювань, а саме псоріазу волосяного покриву голови.
4. Проведення експериментальних досліджень впливу режимів роботи інтегрованого опромінювача на патологічні ділянки біологічної тканини.

Об'єкт дослідження

Низькоінтенсивне лазерне випромінювання та його біологічний вплив на живі організми.

Предмет дослідження

Система інтегрованої терапії, з використанням визначених режимів НІЛВ для лікування дерматологічних захворювань, зокрема псоріазу.

Методи дослідження

В даній роботі використовувались теоретичні методи аналізу інших досліджень використання лазерної терапії при клінічних дослідженнях

Методика реалізації поставлених задач

Створення прототипу системи, яка може забезпечити автоматизований процес застосування лазерної терапії при лікуванні дерматологічного захворювання – псоріазу.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Визначено режими інтегрованого випромінювання для впливу на поверхневі біологічні тканини організму з патологією на прикладі псоріазу.
2. Створено методику застосування автоматизованої системи інтегрованого впливу

Практична цінність.

Обґрунтовано принципи створення програмного забезпечення керування режимами системи інтегрованого випромінювання

Особистий внесок здобувача

Наукові результати, які увійшли до матеріалів дисертаційної роботи, отримані автором особисто.

Апробація результатів дисертації.

Результати досліджень отримані в даній магістерської дисертації були оприлюднені на:

1. XIII науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, 2020. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури, 2020
2. XV Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 8-9 травня 2020 р – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури, 2020, на секційному засіданні, у доповіді «Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань».

Публікації

1. П.В. Білецький, «Інтегрована стимуляція імунітету пацієнта при знижених функціях організму», Збірник праць XIII науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, 2020, с. 187-189.

2. П.В. Білецький, «Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань», Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ ”, 08-09 грудня 2020 р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – с. 256-259.

ABSTRACT

Scope of work: 108 pages.

Number of views: 21 appearance.

Number of tables: 29 tables.

Number of sources in the list of links: 57 source.

Actuality of theme

The problem of psoriasis has become especially relevant today, given the significant spread of this disease. Psoriasis is a chronic skin disease of non-infectious origin. This disease "lives" in all latitudes of the globe and "feels" good among the population of all nationalities and races. 3% of humanity suffers from psoriasis. Most patients with psoriasis suffer from depression, feelings of isolation, isolation from society, have low self-esteem. Like all autoimmune diseases, psoriasis is treated with methods that suppress the immune system. Unfortunately, none of them can reduce the activity of immune cells forever, so modern remedies eliminate the symptoms of psoriasis, but are not able to affect its root cause - the attack of the immune system on the skin.

In modern dermatology for the treatment of psoriasis uses a number of therapeutic methods. The interest of researchers and clinicians is increasingly turning to issues of non-drug correction of psoriasis, including phototherapy. Among the methods of phototherapy, low-intensity laser radiation is promising. Intensive development in recent years of laser therapy (LT) is determined by the high versatility of the method, in some cases a real alternative to existing drug treatment, compatibility with almost all therapies, the ability to increase sensitivity to some drugs, lack of many contraindications to traditional medicine. its great advantage over many pharmacological agents, and, finally, high economic efficiency.

The purpose and objectives of the study

The purpose of the study is to study and investigate the dependence of the effectiveness of exposure to the selected mode of irradiation in the treatment of dermatological diseases through the use of integrated therapy systems using low-intensity laser radiation.

Objectives of the study

1. Investigate the features of low-intensity laser radiation and its biological effects on the skin and the body as a whole.
2. On the basis of existing methods of laser therapy in the treatment of psoriasis to show the effectiveness of such techniques on the example of the treatment of psoriasis.
3. To substantiate the choice of the element base and software and hardware for more effective use of integrated therapy systems in the treatment of dermatological diseases, namely psoriasis of the scalp.
4. Carrying out of experimental researches of influence of operating modes of the integrated irradiator on pathological sites of biological fabric.

Object of study

Low-intensity laser radiation and its biological effect on living organisms.

Subject of study

Integrated therapy system, using certain NILV regimens for the treatment of dermatological diseases, in particular psoriasis.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	12
ВСТУП	13
Розділ I. Лазерне випромінювання та його характеристики	14
1.1. Основні характеристики лазерного випромінювання.....	14
1.2. Енергетичні характеристики лазерного випромінювання.....	15
1.3. Часові характеристики.....	18
1.4. Біологічна дія НІЛВ.....	20
1.5. Постановка задачі	26
Висновок до розділу I.....	27
Розділ II. Псоріаз та його лазер-терапевтичне лікування	28
2.1. Псоріаз як дерматологічне захворювання	28
2.2. Лікування псоріазу.....	31
2.3. Індекс PASI.....	32
2.4. Різні методи лазерної терапії лікування псоріазу.....	33
Висновки до розділу II.....	51
Розділ III Розробка апарату та режиму терапії	52
3.1. Розробка апарату для лазеротерапії псоріазу волосяного покриву голови	52
3.2. Огляд ключових компонентів апарату	55
3.3. Алгоритм проходження терапії	60
3.4. Розрахунок щільності потужності та її модуляція в режимі опромінення	62
3.5. Технічний контроль елементів приладу	64
Висновки до розділу III	67

РОЗДІЛ IV. Розробка стартап-проекту “Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань”	68
4.1. Опис ідеї проекту	68
4.2. Технічний аудит ідеї проекту	74
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	75
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	83
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	85
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ IV	90
ВИСНОВКИ.....	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	92
ДОДАТОК А.....	98
«Акт використання результатів магістерської дисертації»	98
ДОДАТОК Б	100
«Список наукових та навчально-методичних праць»	100
ДОДАТОК В	1002
«Презентація»	1002

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЛТ – лазерна терапія;

НІЛВ – низько-інтенсивне лазерне випромінювання;

ЕМВ – електромагнітне випромінювання;

ЕЩ – енергетична щільність;

PASI – індекс поширення та тяжкості псоріазу;

ЛП – ліпопротеїди;

ІЧ – інфрачервоний;

УВЧ – ультра високочастотний;

ВЛОК – внутрішньовенне лазерне опромінювання крові;

ЧЛОК – через шкірне лазерне опромінювання крові;

ПУВА – псоралель ультрафіолетове випромінювання А-спектру;

АТФ – Аденозинтрифосфат.

ВСТУП

Низькоінтенсивне лазерне випромінювання (НІЛВ) застосовується в сферах дерматології та косметології достатньо давно та ефективно. Вже понад 60 років такі терапії є доступними для тих, хто звертається за допомогою з різноманітними дерматологічними захворюваннями чи косметологічними проблемами. За весь цей час як глибокими науковими дослідженнями так і практичною роботою була неодноразово доказана лікувальна властивість лазерної терапії та виключно позитивний вплив НІЛВ не лише на шкіру, а і на організм в цілому. Слід зауважити що за лазерною терапією спостерігався не лише лікувальний ефект, а також і дуже вагомий профілактичний ефект. Така ефективність вимагає розробки нових, максимально результативних приладів та систем, на основі новітніх методологічних підходів.

Псоріаз (лускатий лишай) - хронічне шкірне захворювання неінфекційного походження. Ця хвороба «живе» в усіх широтах Земної кулі і добре «почувається» серед населення будь-яких національностей і рас. Від псоріазу страждає 3% людства. На сьогодні псоріаз являється невиліковною хворобою. Отож лікування даного захворювання зводиться до боротьби з симптоматикою – осередки ураження у вигляді плям, що лущаться, та досягнення якомога стійкої та тривалої ремісії. Базовим лікуванням псоріазу являється саме медикаментозне лікування. Трапляються випадки, коли лікування проводять небезпечними препаратами й методами без належного контролю. Короткочасний відступ хвороби незабаром обертається сильним загостренням. Методи лазеротерапії являються перспективними завдяки своїй універсальності, майже відсутністю протипоказань та економічній вигідності, і головне ефективності.

Розділ І. Лазерне випромінювання та його характеристики

1.1. Основні характеристики лазерного випромінювання

Лазерне світло – це електромагнітне випромінювання (ЕМВ) оптичного діапазону, яке характеризується наступними властивостями: когерентність, монохроматичність, поляризованість та направленість, що дозволяє створити велику концентрацію енергії в необхідному місці. Якщо порівнювати з іншими джерелами світла, то саме монохроматичність та в деякій мірі поляризованість і є основними властивостями лазерного світла, що дає високу ефективність низько-інтенсивного лазерного випромінювання (НІЛВ) в фізіотерапії [9]. Звернемо увагу ще на одну властивість даного світла: так званий дуалізм – це таке явище, коли світло проявляє як хвильові властивості (інтерференція, дифракція і тому подібні) так і веде себе як потік частинок – фотонів. Описуючи явище поглинання лазерного світла розглядають поглинання чи розсіювання світлових фотонів, що мають певну енергію чи довжину хвилі. Просторова когерентність характеризується геометричними розмірами джерела випромінювання. Часова когерентність характеризується спектральним складом випромінювання і тісно пов'язана з шириною спектра. Так як лазерне випромінювання характеризується монохроматичністю, то всі фотони що випромінюються в пучку світла володіють однаковою енергією (частотою, довжиною хвилі). Тому справедливо завжди додавати до слова «лазер» наступне «з довжиною хвилі», що є головною його характеристикою. В лазерної терапії спектральний діапазон такий, що зручніше довжину хвилі вимірювати в нанометрах [нм] - 10^{-9} метра [9].

Реально на практиці це випромінювання з досить малим спектром (спектральна лінія), або інакше - вузьким спектральним діапазоном. Вузька вибірковість спектру необхідна для отримання кращих результатів впливу на біологічний об'єкт в порівнянні з іншими джерелами світла, що мають широкий спектральний діапазон. Якщо ширина спектральної лінії ($\Delta\lambda$) у імпульсних лазерів менше 3 нм, то їх вважають умовно монохроматичними. У неперервних лазерів при

цьому $\Delta\lambda \leq 0,1$ нм. Це основна властивість лазерного випромінювання, що є визначною для фізіотерапевтичної дії.

На рис. 1.1 представлені залежність інтенсивності поглинання макромолекулою (у відносних одиницях) від спектрів різних джерел випромінювання, для наочності з максимумом на одній довжині, щоб продемонструвати принципові відмінності. Ширина спектральної лінії визначає вибірковість дії, отже, ефект [10].

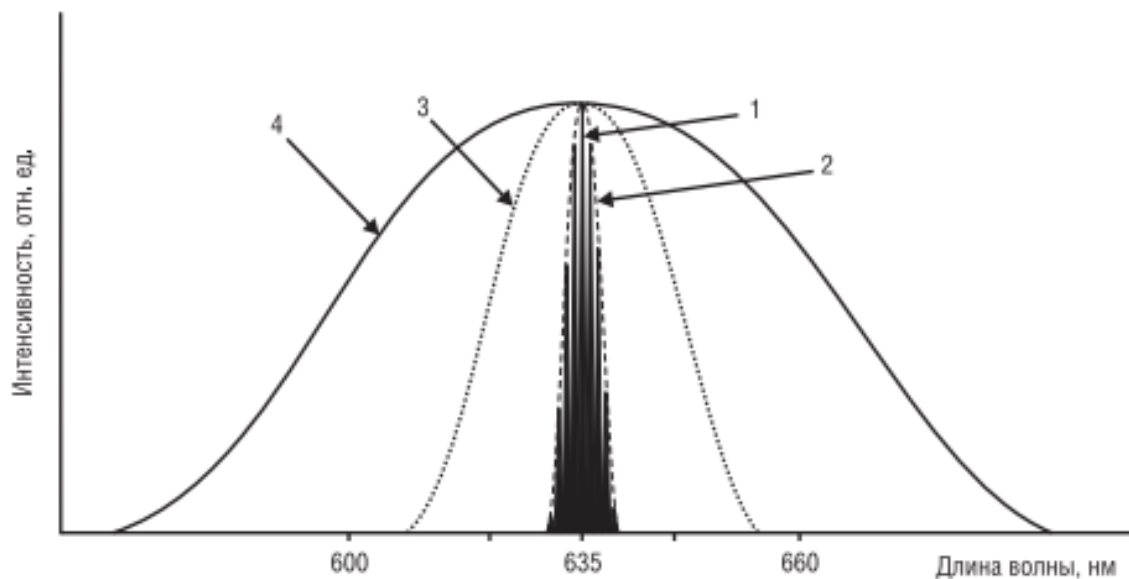


Рис. 1.1. Спектри різних джерел випромінювання і поглинання макромолекули: 1 - одномодовий лазер (одна лінія), $\Delta\lambda \leq 0,1$ нм; 2 - багатомодовий лазер $\Delta\lambda \leq 3$ нм, спектр складається з декількох мод, типів коливань, кожна шириною $\Delta\lambda \leq 0,1$ нм; 3 - світлодіод, $\Delta\lambda \leq 7$ нм; 4 - спектр поглинання умовної макромолекули, $\Delta\lambda \geq 30$ нм [9].

1.2. Енергетичні характеристики лазерного випромінювання

Основними енергетичними показниками світла, які активно використовуються в описі методик лазерної терапії являються потужність, щільність потужності, енергія випромінювання, енергетична світність та енергетична щільність. Інколи енергетичну світність називають дозою, проте використання такого терміну є помилковим. В одиницях вимірювання для оптичного діапазону, а відповідно і для лазерного світла немає такого поняття. Слід

зауважити, що для ефективної методики лазерної терапії всі перераховані вище параметри треба задавати окремо. Неможливо зв'язати їх в єдиний узагальнений показник. Якщо не надавати всю детальну інформацію про значення всіх параметрів, отримаємо не лише відсутність інформації про методику, можемо втратити суть методики а також створити несприятливий психоемоційний фон (горезвісна «доза»), що однозначно негативно сплиється на ефективність лікування [9].

Розглянемо термін «доза» в радіаційній (променевої) терапії. Тут він несе в собі саме значення граничного обмеження, так як тут використовується радіація, що руйнує ракові клітини. Відповідно і ефект терапії лінійно залежить від дози (рис. 1.2, б), і знаючи, скільки необхідно часу, щоб зруйнувати одну клітку, можна визначити, скільки часу опромінювати пухлину, звичайно за умови постійної потужності опромінювання. Тому логічно використовувати термін «опромінювати» в радіаційній терапії, а термін в лазерній терапії - «освічувати», проте до цього терміну не звикли і ним не користуються. Натомість так як і в радіаційній використовують термін «опромінювати».

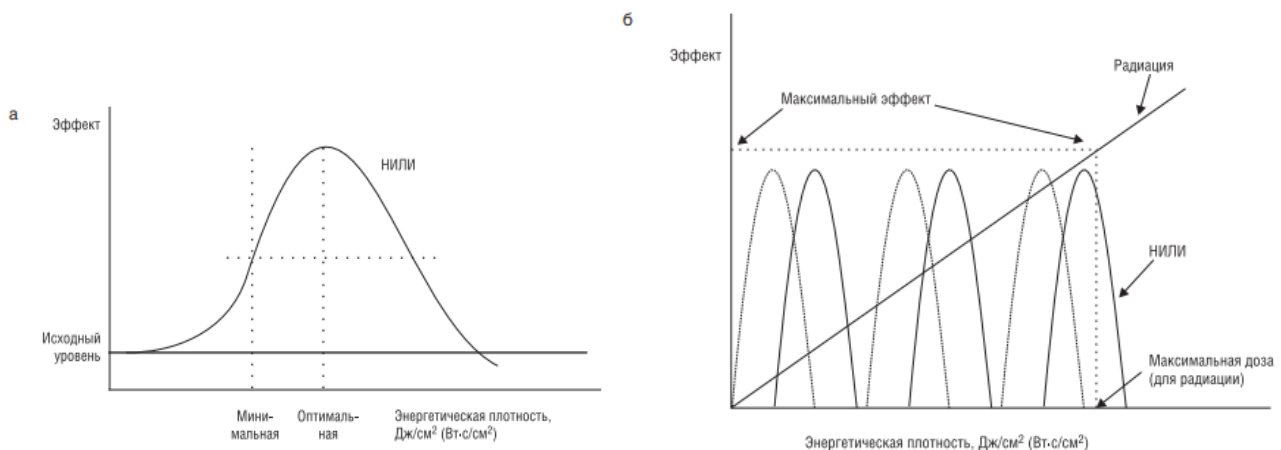


Рис. 1.2. Порівняння залежності «енергія-ефект» при специфічній дії (радіаційна терапія) і опромінювання НІЛВ(на рис. НИЛИ) [10].

Перевищувати таке граничне значення дози (поглиненої енергії, потужності в одиницю часу) не варто, оскільки при подальшому опроміненні можуть бути пошкоджені нормальні клітини. Але якщо експозицію знизити, то ефекту буде не достатньо для знищення всіх ракових клітин. Отож якщо ми використовуємо одне джерело радіаційного опромінювання з постійною потужністю, то результат

лікування залежить, по суті, тільки від розміру і локалізації пухлини, а також часу експозиції. При радіаційній терапії терміни «доза» - гранична міра впливу, та «опромінення» - в значенні «руйнування», «поразка» можуть використовуватись безсумнівно. Але у ЛТ ми спостерігаємо зовсім іншу ситуацію. В даному методі лікування зовсім інша, нелінійна залежність ефективності від енергетичної щільності. Значення енергетичної щільності має явно виражений екстремум, що лежить в досить вузькому інтервалі, в межах одного порядку. Ми можемо спостерігати зростання ефективності, на початковому етапі та зменшення ефективності при подальшому збільшенні енергетичної щільності. Ми можемо спостерігати явно виражений екстремум при оптимальному значенні енергетичної щільності. Цю закономірність впливу НІЛВ часто називають «біфазною» (рис. 1.2, а). Більш того, за певних умов таких екстремумів може бути кілька (рис 1.2, б), поки нам відомо сім оптимальних значень, але реально їх існує більше. Головне те що оптимальне значення ЕЩ може змінюватися в десятки і сотні разів в залежності від таких параметрів впливу, як довжина хвилі, режим роботи лазера (імпульсний або безперервний), частота модуляції, розташування лазерних джерел щодо поверхні і ін. Для методики ЛТ вибір енергетичних характеристик істотно залежить від віку і стану пацієнта, області дії (методики), наявності інших діючих лікувальних факторів, часу доби і т. п. Можна спостерігати таку картину, що те що було ефективним в одному випадку буде марним, при зміні хоча б однієї складової методики. Отож якщо вибрати єдине значення енергетичної щільності, та гіпотетично вважати його оптимальним, то можна отримати як позитивний, нейтральний та навіть негативний результати [10].

Можемо з впевненістю сказати, що необхідно враховувати якомога більше факторів впливу, і відповідно отримаємо вищу ймовірність успішного лікування і безпеки методу. Тому методики лазерної терапії складаються з багатьох параметрів, та не мають універсального оптимального параметра чи величини.

1.3. Часові характеристики

Модуляція випромінювання - процес зміни в часі потужності випромінювання, частоти або фази. Відповідно буває амплітудна, частотна або ж фазова модуляція. В лазерній терапії використовується тільки амплітудна модуляція (рис. 1.3). Наведемо характеристики, які її характеризують. (τ_i) - час, коли відбувається випромінювання називають тривалістю імпульсу. Темновий період ($\tau_{\text{темн}}$) - час відсутності випромінювання. Період і частота (див. вище). Також шпаруватість (Q_i) - відношення періоду T_i до тривалості імпульсу випромінювання τ_i .

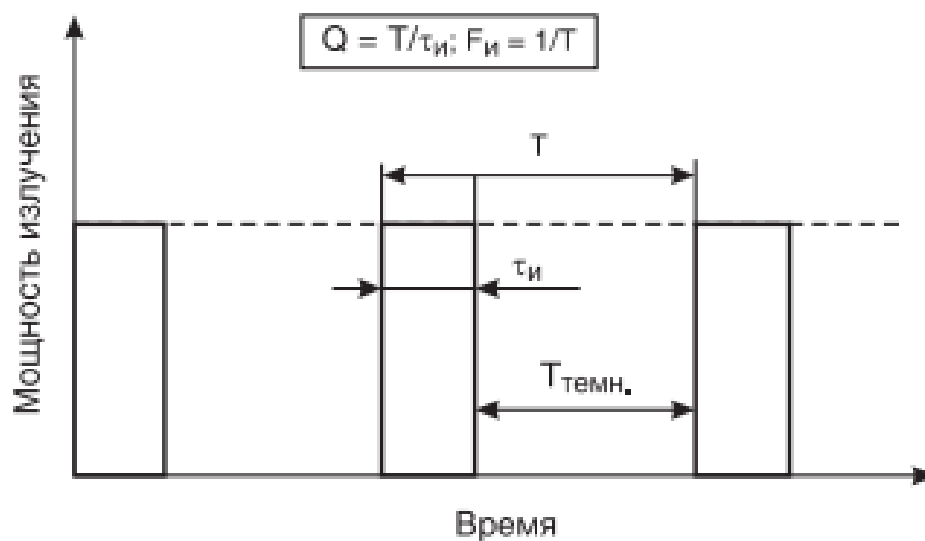


Рис. 1.3. Основні параметри модульованого випромінювання [9]

Розрізняють три основні режими випромінювання (рис. 1.4).

Безперервний – незмінна потужність лазерного джерела під час дії. Значення середньої потужності дорівнює максимальній. Вимірюється в міліватах (мВт) - для фізіотерапії, зрозуміло. Робочий діапазон для лазерної терапії: від 1-2 мВт до декількох десятків мВт. Використовують при зовнішніх або порожнинних методиках опромінювання.

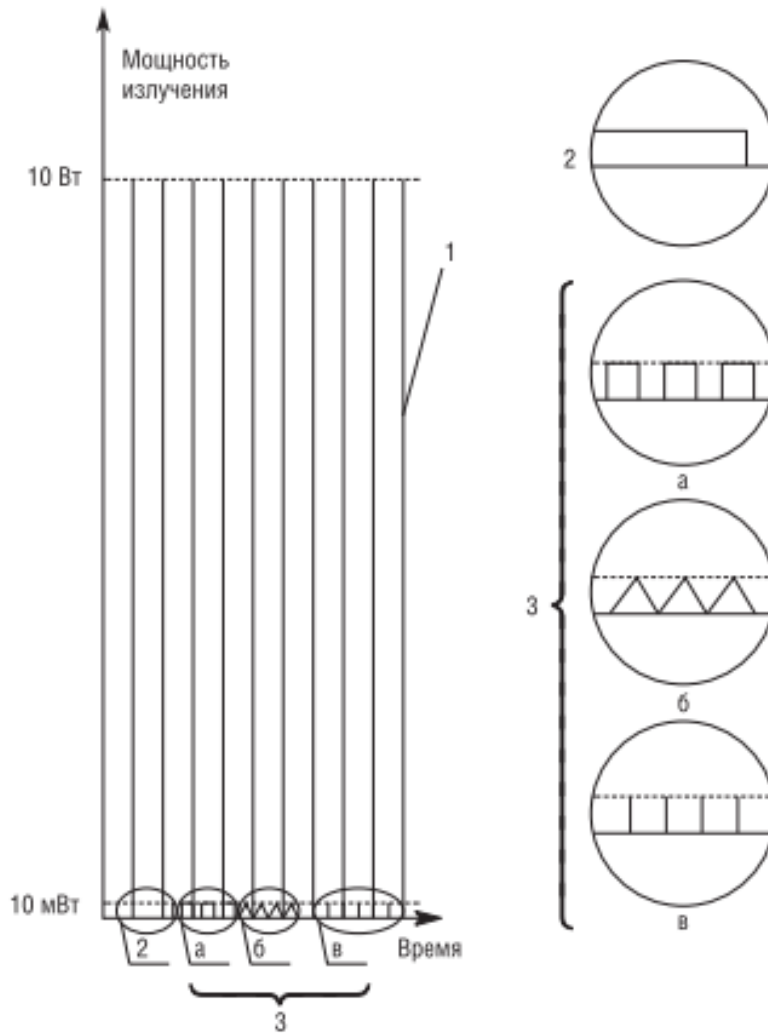


Рис. 1.4. Режими випромінювання: 1 - імпульсний; 2 - безперервний; 3 - модульований: а - прямокутний, б - «пила», в - короткі імпульси [9]

Модульований - періодично змінюється амплітуда випромінювання (потужність), при цьому середня потужність ($P_{\text{ср.}}$) в $Q_{\text{и}}$ раз (це шпаруватість) менше максимальної ($P_{\text{макс}}$) або $P_{\text{ср.}} = P_{\text{макс}} / Q_{\text{и}}$. Найчастіше, шпаруватість дорівнює 2, і ми отримуємо середню потужність випромінює головки в 2 рази менше, ніж без модуляції. Але якщо змінюється шпаруватість, тобто, тривалість часу світіння буде більше, ніж темновий період, то потужність знизиться в меншій мірі (пропорційно) [10]. Слід зауважити, що ми не можемо модулювати випромінювання, поза межами потужності відповідної лазерної головки в безперервному режимі. Потужність безперервних лазерів в режимі модуляції не змінюється від частоти у стандартних апаратах і режимах. Найчастіше використовують постійну частоту і прямокутні

імпульси. Дослідження показують що високі частоти організм сприймає як безперервний режим, і немає ніякої залежності «частота - ефект». Відповідно до цього для модульованого режиму в більшості апаратів і методик використовують частоти менше 100 Гц. Також зазначимо, що глибина проникнення може бути збільшена при використанні менших значень енергетичної щільності, проте глибина проникнення не залежить від частоти модуляції випромінювання безперервних лазерів.

Імпульсне – рідке відносно його тривалості повторювання великих по значенню амплітуди імпульсів. У такому режимі працюють тільки імпульсні лазери (лазерні діоди). $P_{cp} = P_i \cdot \tau_i \cdot F_n$. Тут контролюють і задають саме імпульсну, так як, пікову потужність випромінювання (P_i). Пікова потужність на відміну від потужності безперервних лазерів становить від одиниць і десятків ват. τ_i - тривалість імпульсів, найчастіше 100 нс (10^{-7} с), величина постійна (задається внутрішнім генератором лазерного випромінює головки); F_n - частота проходження імпульсів (задається на панелі управління базового блоку). І таким чином середня потужність має значення порядку кількох десятків мілі Ват [9].

1.4. Біологічна дія НІЛВ

При взаємодії лазерного випромінювання з шкірою, що покриває тіло людини, частина оптичної енергії відбивається та розсіюється в просторі (рис. 1.5). Проте інша частина поглинається біологічними тканинами організму. Характер такої взаємодії, зокрема і глибина проникнення випромінювання, що залежить від багатьох факторів, таких, як довжина хвилі, властивості шкіри та прилеглих до неї тканин, методики опромінювання, саме і визначає ефективність лазеротерапії в цілому [10].

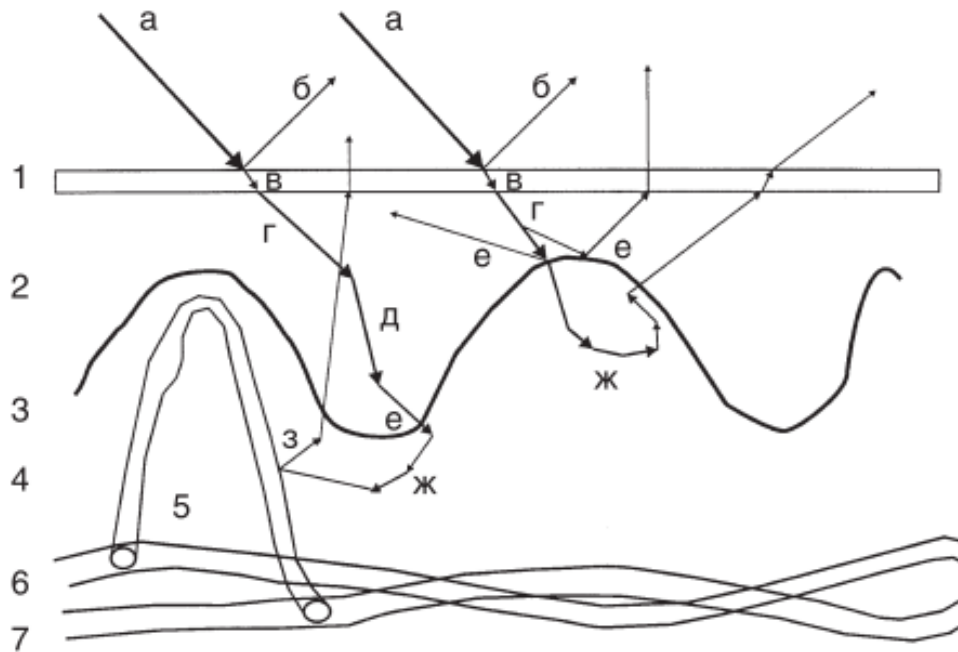


Рисунок 1.5. Поширення світла в шкірі [9]: 1 – роговий шар; 2 – епідерміс; 3 – базальна мембрана (зона між епідермісом та дермою); 4 – дерма; 5 – капіляр; 6 – термінальна артеріола; 7 – посткапілярна венула. Стрілками вказані напрямки руху фотонів світла в шкірі. Відстань між стрілками – довжина перебігу фотона, а товщина стрілок – його відносна енергія; а – падаюче світло, б – світло, що відбивається на поверхні рогового шару на границі повітря – шкіра; в – світло, що пройшло через роговий шар; всередині епідермісу та дерми фотони взаємодіють (поглинаються та розсіюються) на кліткових елементах та меланосомах (г, д), на базальній мембрані (е), колагені (ж), кровоносних судинах (з). Крім того, взаємодія світла відбувається і з елементами придатків шкіри.

Шкіра, кровоносні судини, підшкірно-жирова тканина, клітковина та скелетні м'язи не однаково поглинають оптичні випромінювання різної довжини хвилі. Глибина проникнення оптичного випромінювання поступово наростає при переході від ультрафіолетової частини спектру випромінювання до інфрачервоної частини. Низько-інтенсивне лазерне випромінювання, що застосовується в медицині може належати до різних спектральних діапазонів, проте найчастіше використовується червоний та інфрачервоний спектри, які характеризуються найбільшими проникними властивостями, та м'якою біологічною і лікувальною

дією. Внаслідок цього – найбільша терапевтична широта, чітке та тривале збереження лікувальної дії та косметологічного ефекту. Саме ці властивості і обумовили інтерес до НІЛВ з такими спектральними параметрами.

Майже при всіх захворюваннях, незалежно від етіології та патогенезу, а також при старінні існує порушення мікрогемо- та лімфоциркуляції. Внаслідок чого порушується нормальне відношення між клітковим, інтерстиціональним, кровоносним та лімфатичним простором внутрішнього середовища організму. Пошкодження мікрокапілярного механізму (спазм капілярів, зниження їх кількості та щільності, шунтування крові та лімфи на прикапілярній ділянці, погіршення реології транспортного середовища) призводить до набряку гіпоксії тканин, недоокислення продуктів обміну та їх накопиченню, порушенню функцій колагенового волокна, накопиченню в тканинах гідролітичних продуктів, виснаження антиоксидантних та імунокомпетентних систем і т.д [9].

Вплив низько-інтенсивного лазерного випромінювання на біологічні тканини залежить від активізації біохімічних реакцій, індукованої лазерним світлом, а також від фізичних параметрів випромінювання. Під впливом НІЛВ атоми і молекули біологічних тканин переходять в збуджений стан, активніше беруть участь в фізичних і фізико-хімічних взаємодіях. В якості фотоакцепторів можуть виступати різні складні органічні молекули: білки, ферменти, нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди, і ін., а також і прості неорганічні молекули (кисню, двоокису вуглецю, води). Вибіркове або переважне порушення тих чи інших атомів або молекул обумовлено довжиною хвилі і частотою НІЛВ. Для видимого діапазону фотоакцепторами служать хроматоформні (світлопоглинальні) групи білкових молекул. НІЛВ інфрачервоного діапазону переважно поглинається молекулами білка, води, кисню і вуглекислоти.

Поглинання енергії призводить до різкого збільшення внутрішньоклітинної концентрації Ca^{2+} і стимуляції кальцій залежних процесів: прискорення течії внутрішньоклітинних біохімічних реакцій вільно радикального типу, збільшення вмісту вільних, а не пов'язаних з білками і кристалізаційною водою форм біологічно активних молекул, активація накопичення і вивільнення АТФ,

відновлення клітинних мембран, активація проліферації та ін. Таким чином, відбувається неспецифічна стимуляція біохімічної активності тканин, чутливих до лазерного опромінення. Багато молекулярних акцепторів НІЛВ пов'язані з клітинними мембранами і, переходячи в електронно-збуджений стан, підвищують біоенергетичну активність клітинних мембранних комплексів і фіксованих на мембранах ферментативних систем, що підтримує життєдіяльність і синтетичні процеси в клітці (рис. 1.6) [10].

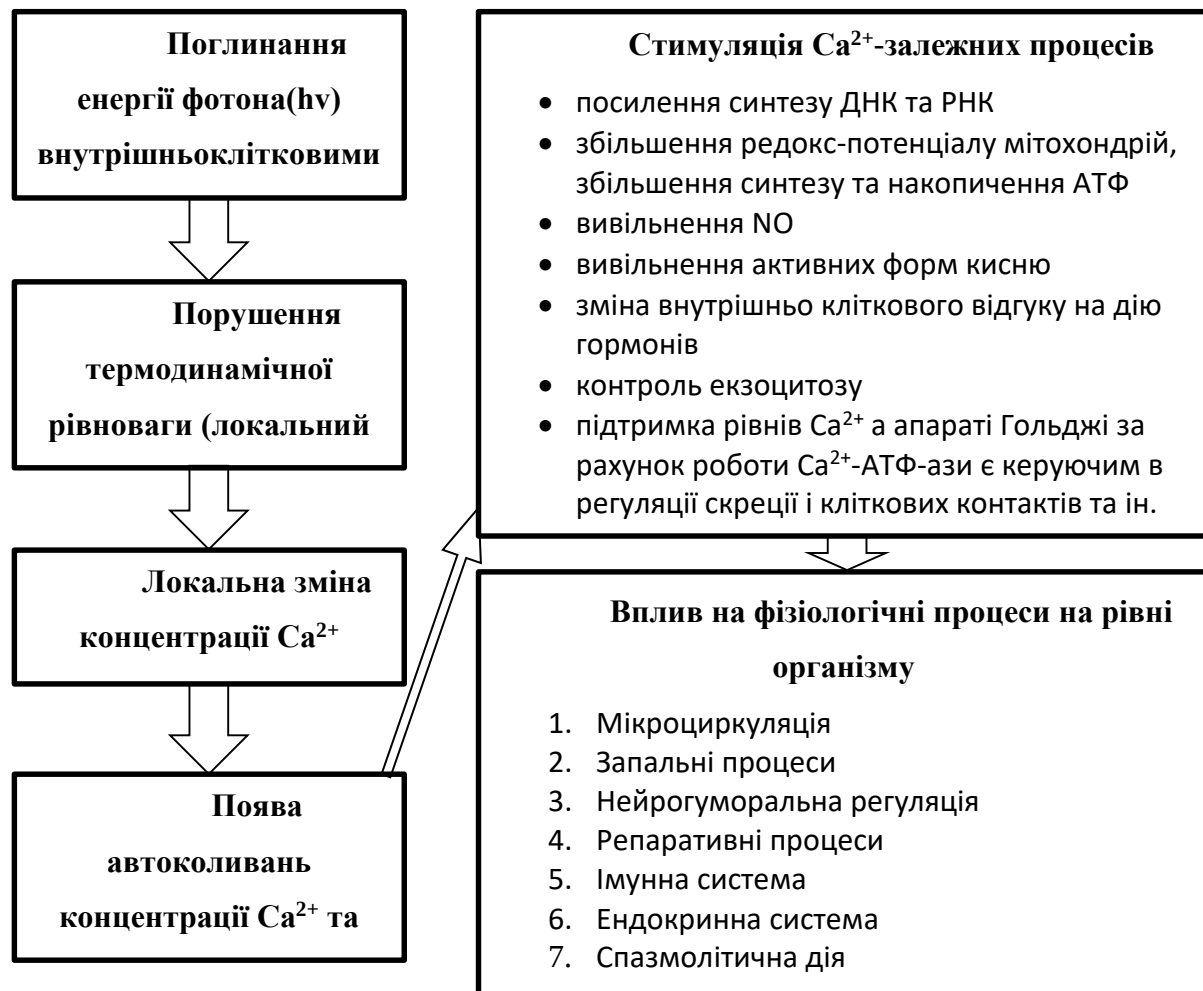


Рис. 1.6. Послідовність розвитку біологічних ефектів від лазерного опромінювання.

Аналіз змін внутрішньоклітинних біохімічних процесів, які виникають під впливом НІЛВ, показує, що відбувається посилення окисного фосфатування глюкози (цикл Кребса) і збільшення вироблення АТФ. Це пов'язано з активізацією

ланцюга дихальних ферментів мітохондрії (цитохромів) і прискоренням переміщення по цьому ланцюзі електронів, внаслідок чого підвищується енергетичний потенціал клітини. Стимуляція різних внутрішньоклітинних ферментативних процесів, систем життєзабезпечення призводить до посилення кисневого метаболізму. Під впливом низько-інтенсивного лазерного випромінювання збільшується напруга кисню в тканинах і його вивільнення клітинами. Відбувається виражене посилення місцевого кровообігу, швидкості кровотоку, збільшення числа колатералей і функціонуючих капілярів. В результаті підвищується до необхідного рівня постачання тканин киснем і задовольняється надлишкова «метаболічна потреба», стимульована лазерним опроміненням. Збільшення активності кисневого метаболізму сприяє посиленню енергетичних і пластичних процесів в клітині.

Відомо, що аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) виконує роль універсального фотобіологічного акумулятора енергії. В основі різноманітних життєвих функцій, пов'язаних зі споживанням енергії АТФ, лежать:

- 1) енергозабезпечення хімічних зв'язків біологічних сполук (основа синтезу різноманітних хімічних сполук);
- 2) механічна робота (поділ клітин, рухова активність м'язів);
- 3) біоелектричні процеси (забезпечення функцій клітинних мембран).

Біологічні мембрани клітин відіграють життєво важливу роль своєрідного структурного бар'єру між організмом і навколишнім середовищем. Порушення мембрани може призвести до порушення роботи клітин і навіть їх загибелі. Лазерне випромінювання дозволяє запобігти цьому процесу, впливаючи на антиоксидантний механізм захисту.

Проліферація (розподіл) клітин - процес, який відбувається постійно. Швидкість проліферації залежить від типу клітин. Важливо, що лазерне випромінювання не тільки підсилює проліферацію, що дозволяє прибрати з організму «старі» клітини і замінити їх молодими, але, найголовніше, відновлює біоритми поділу різних груп клітин в тканинах і їх взаємодії.

Лазерний вплив, безумовно, проявляється як багаторівневий вплив на організм: від виникнення порушених станів і конформаційної перебудови молекул, зміни кисневого балансу і активності окисно-відновних процесів, зміни мембранного потенціалу клітини, зміни рН міжклітинної рідини, мікроциркуляції та ін. До виникнення на рівні організму відповідних комплексних адаптаційних нейрорефлекторних і нейрогуморальних реакцій з активацією імунної системи.

При впливі низько-інтенсивним лазерним випромінюванням на поверхневі біологічної тканини людини (шкіра, підшкірна жирова клітковина, жирові скупчення і м'язи) відбуваються такі позитивні зміни:

- ліквідація супутніх або паралельно протікаючих запальних процесів;
- посилення місцевого та загального імунітету, і як наслідок цього, антибактеріальна дія;
- уповільнення старіння клітин і позаклітинної сполучної тканини;
- поліпшення еластичності і зниження щільності епідермісу і дерми;
- збільшення товщини епідермального шару і дермо-епідермального з'єднання за рахунок збільшення числа мітозів і зменшення десквамації;
- реконструкція дерми за рахунок упорядкування структури еластичних колагенових волокон з відновленням водного сектора і зменшенням кількості колоїдних мас;
- збільшення кількості потових і сальних залоз з нормалізацією їх активності зі збереженням гомогенності, відновлення маси жирової тканини паралельно з нормалізацією в ній метаболічних процесів;
- фіксація скупчень жирової тканини на своєму природному місці, збільшення м'язової маси з поліпшенням метаболічних процесів і як результат перерахованих вище змін - зниження ступеня провисання (птозу);
- стимуляція росту волосся за рахунок посилення мікроциркуляції і поліпшення харчування тканин [10].

Перерахованих ефектів лазерної терапії можна досягти тільки при її систематичному і тривалому застосуванні. Перші результати іноді можна отримати вже на 2-3-й процедурі, але в більшості випадків тільки через 10-30 сеансів. При

лікуванні різних дерматологічних захворювань методичні підходи істотно різняться. Таким чином, лазерна терапія і лазерна профілактика - процес динамічний, що проходить під контролем фахівців: косметолога або дерматолога, які пройшли спеціалізацію по лазерної терапії.

1.5. Постановка задачі

Мета магістерської дисертації полягає в тому, що необхідно, вивчивши всі наявні методики для лікування псоріазу, шляхом застосування низько-інтенсивного лазерного випромінювання, необхідно розробити свою методику. До своєї такої методики слід поставити кілька вимог. Отож така методика повинна бути ще більш ефективною, а також увесь процес проведення терапії потрібно автоматизувати. Оскільки розглянувши властивості лазерного світла ми переконались що для нас точність є дуже важливою.

Для цього необхідно спочатку переглянути низку досліджень, де дослідники намагались за допомогою проведення практичних клінічних досліджень, лікувати псоріаз за допомогою комплексних терапій, з використанням лазерного випромінювання. Вивчивши ряд таких досліджень необхідно зробити висновки про перспективність та ефективність таких систем інтегрованої терапії дерматологічних захворювань. Наступним кроком обґрунтувати вибір елементної бази та програмно-апаратних засобів для ефективнішого застосування систем інтегрованої терапії при лікуванні дерматологічних захворювань, а саме псоріазу волоссяного покриву голови.

Висновок до розділу I

В розглянутому розділі магістерської дисертації було вивчено особливий тип електромагнітного випромінювання, а саме низько-інтенсивне лазерне випромінювання. Було наведено основні його характеристики та особливості, що виділяють його серед інших електромагнітних випромінювань. Також було наведено його показники які описують його енергетичні та часові характеристики.

Також було детально розглянуто про біологічну дію низько-інтенсивного лазерного випромінювання на шкіру людини, та організм в цілому. Слід зауважити що за використанням НІЛВ в дерматології спостерігається істотний універсальний, лікувальний та профілактичний ефект. Описано біологічний процес, який відбувається при цьому в організмі, в результаті чого і маємо такий ефект. Детально розписано, який саме позитивний ефект спостерігається при проходженні пацієнтами лазерної терапії.

Розділ II. Псоріаз та його лазер-терапевтичне лікування

2.1. Псоріаз як дерматологічне захворювання

Псоріаз (лускатий лишай) - хронічне шкірне захворювання неінфекційного походження. Патологія розвивається на тлі автоімунних і генетичних збоїв, неврологічних і інфекційних хвороб. Захворювання діагностується у представників всіх вікових груп [12].

Причини виникнення псоріазу. На відміну від більшості різновидів лишая, псоріаз має неінфекційну природу і не передається здоровим людям при контакті з хворими, спільному використанні посуду та предметів особистої гігієни. Окрім того псоріаз має хвилеподібний характер, тобто симптоми можуть посилюватися та спадати раптово, і навіть без видимих для того причин.

Походження патології не досліджено до кінця. Однією з перших причин деякі вчені вважають первинний дерматологічний розлад. Передбачається, що захворюванню передують порушення процесу відновлення шкіри на клітинному рівні. При цьому запускається надлишкове вироблення незрілих клітин шкіри - кератоцитів. Імунна система не може розпізнати неспецифічні клітини і починає активну боротьбу з ними.

Згідно другої теорії, лускатий лишай - автоімунний розлад. Тобто «неправильні» кератоцити не провокують імунний збій, а є його наслідком.

Відомо, що в якості передумов можуть виступати як внутрішні, так і зовнішні чинники:

- шкірні форми алергії;
- спадкова схильність;
- часті фізичні та психоемоційні стреси;
- ендокринні захворювання (цукровий діабет, ожиріння, гіпотиреоз);
- зловживання спиртними напоями, вживання наркотиків, куріння;

- активне використання побутової хімії, мила і спиртовмісних розчинів (особливо у власників тонкої сухої шкіри);
- систематичне травмування шкірних покривів (рани, сонячні опіки, розчісування);
- грибкові, стафілококові і стрептококові інфекції (кандидоз, стрептодермія, васкуліт, ангіна, плеврит, ентероколіт, менінгіт);
- різка зміна гормонального балансу на початку пубертатного періоду, під час вагітності, після менопаузи і т.д .;
- прийом ряду медикаментів - бета-блокаторів, антидепресантів, протисудомних і антималярійних препаратів [12].

Симптоми псоріазу. Специфіка клінічної картини залежить від різновиду захворювання. Дослідники виділяють 7 різновидів псоріазу.

Найчастіше зустрічається лускоподібна (звичайна, вульгарна) форма. Вона супроводжується появою чітко обмежених червоних потовщень, покритих тонкими білими лусочками. Осередки локалізуються переважно на попереку, волосистої частини голови, ліктьових і колінних згинах. Згодом папули зливаються в крупні плями різних форм. Шкіра під ними стає пухкою, запаленою. Через великий вміст кровоносних судин видалення таких бляшок викликає кровотечу.

На каплевидний псоріаз вказує утворення численних дрібних «пухирців» червонувато-бузкового або фіолетового кольору. Висипання локалізуються в районі стегон, гомілок, плечей, передпліччя, шиї, спини і верхньої частини голови. Цьому типу хвороби найбільш схильні діти 4-5 років, які перенесли стрептококову інфекцію.

Так званий «зворотний псоріаз» (псоріаз згинальних поверхонь) вражає тільки ті частини тіла, на яких є складки: пах, зовнішні статеві органи, внутрішню частину стегон і пахові западини. У жінок хвороба також охоплює складки під грудьми, у повних людей - живіт. При цьому утворюються гладкі плоскі плями, що легко травмуються при терті, механічному пошкодженні шкіри і виділення поту.

Ексудативний (пустульозний) лускатий лишай вважається найбільш важкою формою патології. Для нього характерна поява пухирів або бульбашок, наповнених

прозорою рідиною. Шкіра навколо них червоніє, помітно набрякає, потовщується і легко відшаровується.

Пустульозний псоріаз буває генералізованим і локалізованим. У першому випадку висип поширюється по всьому тілу, її окремі елементи поступово об'єднуються в більші осередки. Другий тип захворювання обмежується дистальними ділянками кінцівок. Тобто ступнями, гомілками, передпліччя і кистями.

Псоріатичний артрит (артропатичний псоріаз) діагностується у 10-15% загального числа хворих. При цьому в патологічний процес втягуються суглобові структури, м'язова і сполучна тканина. В першу чергу під ударом виявляються суглоби хребта, крижів, тазу, колін, гомілковостопний суглоб, пальців рук і ніг. В області ураження виникають нестерпні болі, що посилюються вночі і стихають після фізичної активності. При прогресуванні хвороби суглоби демінералізуються і атрофуються, їх рухливість неухильно знижується. М'язи слабшають і втрачають гнучкість. Пальці розпухають і стають схожі на сосиски.

Еритродермічний псоріаз (псоріатична еритродермія) зачіпає велику частину тіла, проявляється лущенням, запаленням і відшаруванням епідермісу. Інші відмінні риси даної форми захворювання - хворобливість шкіри, інтенсивне свербіння, набряклість шкірних покривів і підшкірної клітковини. Локальна псоріатична еритродермія може з часом трансформуватися в бляшкоподібний різновид хвороби [12].

Псоріатична оніходистрофія супроводжує ураження нігтьових пластин. На нігтях утворюється безліч точкових вдавлень по типу наперстки. Шкіра під ними потовщується (гіперкератоз), набуває сіруватий, брудно-білий або жовтий колір.

Лускатий лишай має 3 ступеня тяжкості. Легка зачіпає не більше 3% поверхні тіла, середня - від 3% до 10%, важка охоплює понад 10% шкірних покривів. Крім площі ураження, лікарі враховують активність патологічного процесу, реакцію організму на лікування, вплив захворювання на повсякденне життя хворого. Артропатичний псоріаз завжди класифікується як важка форма хвороби. Протягом патології можна виділити 3 стадії. Прогресуюча характеризується розростанням

наявних бляшок, появою нових висипних елементів, сильним лущенням і свербіжем в зоні ураження. Стаціонарній фазі супроводжує зупинка зростання псоріатичних утворень, формування дрібних шкіряних складок навколо них, відсутність нових плям і бляшок. Перехід хвороби в регресуючу стадію сигналізує про її тимчасове загасання, висипання повністю зникають, на їх місці утворюються пігментні плями.

2.2. Лікування псоріазу

Зразу зауважимо, що повністю вилікувати дану хворобу не вдається. Проте якщо своєчасно та правильно почати лікування то можна досягти стійкої ремісії, та уникнути розвитку ускладнень. Терапевтичну методику вибирають з розрахунку різновиду та ступеню тяжкості хвороби. До уваги також беруться такі фактори як чутливість пацієнта до лікарських препаратів, та його вік [14]. В будь якому випадку лікування призначають комплексне. Воно включає в себе три фактори: фармакотерапію, фізіотерапію та корекцію способу життя. В деяких випадках використовують імунодепресанти, що дозволяє зменшити автоімунну реакцію організму. Цитостатичні засоби запобігають зростанню і розмноженню нетипових кератоцитів. Також необхідно вживати похідні вітаміну А – ретиноїди, це допоможе відновити вироблення здорових кератоцитів. Ретиноїди сповільнюють швидкість поділу клітин і цим же привзводять їх до нормальної диференціації. Для лікування псоріазу у дітей призначаються менш інтенсивні препарати: антигістамінні, антибіотики з групи пеніциліну і комплексні гомеопатичні препарати. Разом з тим використовують зовнішні препарати місцевого призначення. При появі первинного псоріазу призначають негормональні мазі на основі наступних активних компонентів: саліцилова кислота яка допомагає зняти запалення, та прискорює відпадання відмерлих клітин, а також зм'якшує і розгладжує шкіру; кальципотріол (синтетичний аналог вітаміну D) згладжує і знебарвлює псоріатичні плями; сірка прекрасно знезаражує, видаляє з висипань білий наліт і сприяє розсмоктуванню бляшок; нафталін має протисвербіжну та знеболювальну дію. При недостатньому ефекті лікування цими засобами

призначають гормональні мазі. Препарати цієї групи дають можливість нейтралізувати свербіння і набряк, зменшують кровоточивість, надають антиалергічну та протизапальну дію[14].

Для повноцінного лікування використовують також травні ферменти та ентеросорбенти, які дають змогу виводити з організму токсини та прискорюють обмінні процеси. Необхідно також вживати полівітаміни з фолієвою кислотою, а також такі вітаміни як А, В1, В6, В12, С та РР для стимуляції імунної функції організму. В обов'язковому порядку прописуються седативні препарати, для нормалізації роботи центральної нервової системи. Антигістаміни і легкі діуретики допомагають зменшити набряклість і ексудацію (виділення запальної рідини)[15].

Назвемо найефективніші фізіотерапевтичні методи для лікування псоріазу: електросон, магнітотерапія, акупунктура, парафінові аплікації, кріотерапія, лазерне опромінення, гіпертермія, ультразвук, селективна фототерапія і фотохіміотерапія (ПУВА-терапія). Супутні захворювання можна усунути використанням протівірусних, антибактеріальних, протигрибкових та імуностимулюючих препаратів[15].

Псоріаз волосистої частини голови лікують використанням гормональних лосьйонів, дьогтьових шампунів та аптечних масок. Варто щодня промивати волосся відварами ромашки, календули, лопуха або хвоща. Необхідно берегти шкіру голови від травм. Для цього варто відмовитися від гребінців з металевими зубчиками, лаків для укладання волосся, а також сушки волосся феном. При псоріатичному артриті призначаються знеболюючі та нестероїдні протизапальні засоби. Якщо виявлені значні пошкодження опорно-рухового апарату, додатково прописуються лікувальні пункції суглобів і внутрішньо суглобові ін'єкції синтетичних глюкокортикоїдів. Також є низка народних засобів, які лікарі схвалюють як додаткові в лікуванні псоріазу.

2.3. Індекс PASI

PASI (Psoriasis Area and Severity Index) – індекс поширеності та тяжкості псоріазу. Даний показник представляє собою системне оцінювання площі

ураження шкіри та вираженості основної симптоматики псоріатичного захворювання. Індекс був запропонований Т. Frederiksson і U. Pettersson в 1978 р на даний час його широко застосовують при проведенні клінічних досліджень [13]. Як розраховують індекс PASI? Визначають даний коефіцієнт враховуючи вираженість висипання шкіри окремо в кожній з анатомічних областей. Тіло поділяють на наступні анатомічні області: голова, верхні кінцівки, тулуб, нижні кінцівки. В кінці для отримання значення індексу PASI сумують коефіцієнти цих чотирьох зон шкірного покриву. Проводячи розрахунки враховують наступні параметри площа шкірного покриву голови становить 10%, верхніх кінцівок - 20%, тулуба - 30%, нижніх кінцівок - 40% від загальної поверхні шкіри людини. Відповідно і для підрахунку загального значення індексу PASI у формулі використовується відповідний коефіцієнт: 0,1 - для голови, 0,2 - для верхніх кінцівок, 0,3 - для тулуба, 0,4 - для нижніх кінцівок [13].

2.4. Різні методи лазерної терапії лікування псоріазу

Так як псоріаз є різноманітно-факторіальним захворюванням, то відповідно ми маємо широкий спектр патогенетично обґрунтованих методів лікування, які складено до комплексної терапії псоріазу [26, 27]. Як уже було зауважено основною метою є досягнення тривалої ремісії, а також знайти можливість призвести до мінімуму небажані явища, що відбуваються в організмі в результаті прийому лікарських засобів. Вибирають терапію лікування псоріазу враховуючи різні коморбідності, які тримають на собі увагу багатьох досліджень. В сучасній дерматології для лікування псоріазу використовується цілий ряд терапевтичних методів. Якщо говорити про медикаментозну терапію, то це як зазначалось вище застосування препаратів: топічної дії, цитостатиків, циклоспорину А, системних ретиноїдів, біологічної терапії [27, 29]. Проте у своїй роботі ми приділимо більше уваги до вивчення та розробки методики саме немедикаментозної корекції, яка останнім часом все більше цікавить дослідників і клініцистів. Розглядатимемо детальніше фототерапію. НІЛВ – низько-інтенсивне лазерне випромінювання – перспективний метод фототерапії. Для цього методу характерні наступні функції:

стресслімітуючі, адаптогенні, імуномодуючі, антиоксидантні ефекти, виражені вазоактивними, антипроліферативними та протизапальними діями. Також НІЛВ усуває метаболічні розлади, ліпідні порушення, ендотоксикоз [19, 30, 33, 41]. Описані механізми відіграють важливу роль в обґрунтуванні застосування НІЛВ при псоріазі [21, 28, 39]. Даваймо спробуємо визначити переваги лазеротерапії в лікуванні псоріазу. Даний метод є дуже універсальним, і альтернативним медикаментозному лікуванню. Наступною перевагою можна назвати його сполучуваність практично усіма видами терапії, більше того ця методика може суттєво підвищувати чутливість до ряду лікарських препаратів, а відповідно і збільшує ефективність медикаментозного лікування. Ще одна перевага - відсутність протипоказань, яких так багато у традиційній медицині. І останнє – дана методика характеризується економічною ефективністю [44]. Визначимо основні напрямки вивчення механізму дії лазерних променів на дерму та організм в цілому, що використовуються в клінічній та експериментальній дерматології: методика що активує обмінні процеси шляхом активного впливу на клітинні, гуморальні і нервові компоненти, пошук можливостей для терапії захворювань шкіри лазерним випромінюванням різної потужності і довжини хвилі, розширення сфери застосування лазерного випромінювання.

Слід зазначити що застосовують лазери в дерматології при лікуванні псоріазу вже більш ніж 35 років, що явно показує доцільність і перспективність використання цього методу фототерапії. Можемо розглянути низку різноманітних досліджень, присвячених терапевтичному значенню НІЛВ в лікуванні псоріазу, що і демонструє його ефективність при псоріазі [23, 42, 48]. Проте наразі дані методи лазеротерапії в лікуванні хворих на псоріаз застосовують незаслужено рідко, з огляду на позитивні результати лікування при клінічних дослідженнях.

Наведемо деяку інформацію з досліджень різних авторів. Р.Н. Волошин проводив ЛТ у 170 хворих на псоріаз. При цьому використовував лазер $\lambda = 633$ нм, з щільністю потужності ППМ = 12 мВт/см², експозиція 5-7 хв на осередок, 16-20 щоденних процедур. Результат такої терапії відображений в наступних цифрах: в

24% випадків спостерігалось клінічне одужання, значне поліпшення - у 46%, поліпшення - у 28% [18].

Р.С. Маркович і М.П. Маяс у своєму експерименті лікували 40 пацієнтів з опосередкованим псоріазом. В даному випадку лазер $\lambda = 633$ нм, проте щільність потужності менша, ППМ = 0,35 - 0,7 мВт/см²; час експозиції 0,5-10 хв. Про результат, скажемо наступне: відзначено зменшення або повне зникнення суб'єктивних відчуттів після 4-7 процедур [31].

В.М. Лещенко та співавтори застосовували лазеротерапію при псоріатичній оніходистрофії, з використанням того ж лазера $\lambda = 633$ нм при щільності потужності ППМ = 1,5-2,5 мВт/см². Проводили по 10 сеансів опромінення з часом експозиції 6-8 хв, що призвело до нормалізації капіляроскопічної картини [37].

Разом з тим було досліджено той факт, що ефект від локальної лазеротерапії проявляється в більшості у пацієнтів, з обмеженими псоріатичним висипанням, проте цього недостатньо при поширених ураженнях. Виходячи з цього прийняли рішення доповнити місцеву лазеротерапію, зокрема, сегментно-рефлекторними лазерним опроміненням. У своєму дослідженні А.Т. Сосновський, В.М. Дюба і співавтори використовували газові гелій-неонові лазери типу ЛГ-36 і -75 [35]. Час експозиції складав від 5 до 7 хв при енергетичній щільності опромінення в 2 мВт/см² та площі опромінення 10-20 см². Методика лікування складала 15-20 сеансів щодня. За кожен сеанс опромінювали 2-3 осередки ураження. Тих хворих, у кого були обмежені осередки лікували лише за допомогою місцевої дії лазерних променів, а для тих, у кого була поширена форма висипань застосовувалася комплексна терапія, а саме: разом з локальним впливом на осередки ураження також опромінювали і паравертебральні ганглії. Тим у кого проявлялась резистентність до лікування проводили по 2 курси ЛТ з перервою тривалістю в 2 тижні. У хворих на псоріаз, яких лікували за допомогою низькоінтенсивного лазерного випромінювання, уражені ділянки шкіри регресували раніше, аніж у контрольній групі. Спостерігалось швидше у розсмоктування інфільтрації в осередках псоріазу, частіше спостерігалось клінічне одужання та значне поліпшення.

В.Ф. Корсуном лікуючи 41 хворого на псоріаз було застосовано опромінення уражених ділянок в комплексі з сегментарним впливом на відповідні зони. Використаний лазер ЛГ- 75-1, потужність опромінення становила $0,35-0,7 \text{ мВт} / \text{см}^2$, час експозиції варіювався від 30 с до 10 хв (частіше 3-5 хв) [25]. Сегментарне опромінення проводилося таким же лазером в зоні L3-L4 по $0,35 \text{ мВт} / \text{см}^2$ протягом 15-30 секунд. Після проведення 7-8 процедури опромінювання спостерігалось покращення. При закінченні першого курсу лікування (який складав 20-25 опромінь) у всіх хворих спостерігались позитивні результати.

А.П. Ракчєєв зі своєю командою проводили локальні опромінення псоріатичних осередків НІЛВ з довжиною хвилі $\lambda = 633 \text{ нм}$; та щільністю потужності ППМ = $2 \text{ мВт} / \text{см}^2$, час експозиції процедури - 5-7 хв, при цьому 15-20 щоденних сеансів на курс лікування [36]. При поширених ураженнях псоріазом опромінювали окрім осередків ураження також паравертебральні ганглії. При резистентності до лікування призначали проходження повторного курсу, при дотриманні перерви в тижневий інтервал. Ті в кого були обмежені форми псоріазу з помірною інфільтрацією лусочок мали найкращий терапевтичний ефект. Нарівні з клінічним поліпшенням в процесі лазеротерапії в периферичній крові хворих зафіксовано позитивну динаміку показників калікреїн-кінінової системи, змісту імунних комплексів і сіалових кислот.

Для лазеротерапії псоріазу з лікувальною ціллю використовували лазерний терапевтичний апарат «Геліос-01М», що працює на напівпровідниковому випромінювачі, та генерує імпульси з довжиною хвилі $0,89-0,95 \text{ мкм}$, та частотою проходження імпульсів від 300 до 3000 Гц [17]. Терапію проводили за типом місцевого впливу на ділянки ураження а також на відповідні рефлекторно-сегментарні зони. В результаті впливу інфрачервоного випромінювання спостерігається позитивна динаміка в зміні спектра ліпопротеїдів (ЛП): а саме підвищення ЛП високої щільності з $43,4 \pm 1,23 \text{ ммоль} / \text{л}$ до $55,60 \pm 3,11 \text{ ммоль} / \text{л}$ тобто на 30%, а також зниження ЛП низької щільності з $16,45 \pm 1,45 \text{ ммоль} / \text{л}$ до $9,02 \pm 2,35 \text{ ммоль} / \text{л}$ тобто на 20%. Відбувається активація ліпопротеїдного метаболізму мобілізуючого характеру, поява в крові щільніших частинок ЛП

низької щільності, що в деяких випадках супроводжується відносною недостатністю рецепторно-опосередкованого катаболізму ЛП низької щільності і призводить до появи в крові більш щільних часток ЛП високої щільності. Зміни кількісного та якісного складу ліпідного спектру підтверджують здійснення антиатерогенної, антипроліферативної та протизапальної дії ІЧ-лазера. При псоріазі вивчено терапевтичну дію інфрачервоного лазера з довжиною хвилі $\lambda = 0,82$ мкм; та потужністю випромінювання до 50мВт [21].

При формах псоріазу де уражені ділянки мали обмеження, а також наявність чергових лусочок застосовувалася локальна ІЧ-лазеротерапія. Опромінювання проводилось не лише на осередок ураження, а й прилеглу до нього здорову шкіру в межах 1-1,5 см. Процедуру проводили при щільності потужності випромінювання 15 мВт/см² і часом експозиції 3 хвилини. За один сеанс опромінювали до 6 осередків ураження, що складало 35-40 см² ураженої шкіри. При поширених формах псоріазу впливали на зони грудини, верхівку серця і ліву лопаткову область, з експозицією по 1 хв на кожен зону. Процедура проводилася 6 днів в тиждень, а курс лікування складався з 3 тижнів таким чином отримуємо всього 18 сеансів. Як і в попередньому дослідженні в результаті терапії була зафіксована позитивна динаміка показників ліпідного обміну, яка проявлялася достовірним підвищенням рівня ліпопротеїдів високої щільності, зниженням рівня ЛП дуже низької щільності та рівня альбумінів і жирних кислот.

Спостерігаючи за попередніми результатами, неважко продемонструвати, що ефективність лазеротерапії в лікуванні псоріазу значно збільшується при комплексному місцевому в поєднанні з сегментарним впливом за рахунок акумуляційних ефектів, а також внаслідок системних нейроендокринних реакцій у відповідь на рефлекторно-сегментарний вплив НІЛВ. Це стало основою для застосування при лікуванні псоріазу комплексного або комбінованого застосування методик лазерного випромінювання. А.Г. Адирхаев і співавтори знайшли взаємодію лазерного випромінювання и УВЧ-терапії [16]. За їхніми словами комплексна терапія визначена ієрархічною структурою людського організму, та потребує багаторівневого впливу для досягнення найкращого

результату. Магнітолазерна терапія виявилася оптимальним методом місцевої лазеротерапії псоріатичного артриту [39], при цьому використані інфрачервоне лазерне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 830-890$ нм та постійне магнітне поле. Методика контактна з постійним опромінюванням з щільністю потужності ППМ = 4,5-5,0 мВт/см², магнітне поле з постійною індукцією 35-40 мТл. Час впливу на один осередок 1-2 хв., але не більше 10 хвилин на один сеанс. Лікувальний курс складається з 10-20 щоденних сеансів.

Згадаємо також про клінічне дослідження сукупного впливу синього та червоного світла, що випромінюють низько енергетичні газові лазери [25]. В даній методиці використовували чергування, спочатку синім, а через 5-15 хв і червоним світлом. При поширеній формі осередків ураження, червоним світлом також опромінювали паравертебральні ганглії упродовж 2 хв. Увесь курс лікування складався з щонайменше двадцяти процедур, які виконували щодня по одній окрім неділі. З медикаментозного лікування було обрано індиферентні мазі. В процесі дослідження постійно моніторили наступні показники: протеїнограма, сулемова і тимолова проби, протромбіновий індекс, сіалові кислоти, білірубін, холестерин, сечовину, кількість тромбоцитів, тривалість кровотечі, загальний аналіз крові, сечі. Слід зауважити, що при проходженні лазеротерапії не виявлено появи ніяких патологічних змін. Як і в попередніх дослідженнях, у хворих з поширеною формою перебігу захворювання загального впливу лазеротерапії було недостатньо для отримання лікувального ефекту. Кращі результати отримані у хворих з обмеженим псоріазом. При впливі на окремі псоріатичні елементи спостерігалось їх часткове зменшення, але одночасно могли з'являтися і нові осередки ураження. При наявності псоріатичної оніходистрофії зменшувався піднігтьовий гіперкератоз, відзначалося зростання нігтів, з'являвся блиск і природний колір. В загальному можна сказати, що при порівнянні комбінованої терапії лазерного випромінювання з різною довжиною хвилі можемо отримати більш ефективне лікування, аніж використовуючи виключно червоне світло з гелій-неонового лазера.

Н.Є. Філіппов [40] при лікуванні 43 хворих псоріазом використовував імпульсні напівпровідникові лазери «Візерунок» і «Елат» а також додавав до цього

десенсибілізуючу, імуностимулюючу і загальноукріплюючу терапію. Опромінювали місцеві осередки, а також крила носа і проекцію мигдалин. Такі сеанси проводили щодня протягом 15-20 днів. При цьому поступово збільшували потужність, а також час експозиції одного сеансу до 20 хвилин. Як результат спостерігався протизапальний, а відповідно і стимулюючий процеси. Терапевтичний ефект спостерігався до 5-6 сеансів. Оптимальний ефект зафіксовано при долонно-підшовній формі, менш виражений - при свіжих поширених ураженнях і відсутність ефекту при «чергових» осередках ураження.

Розглянемо яку дію матиме використання НЛВ при лікуванні хворих на псоріаз з ураженими суглобами. Л.В. Графчікова та співавтори при лікуванні артриту у хворих на псоріаз енергією апарату «Візерунок» опромінювали найбільш уражені суглоби. Курс лікування складав по 5 сеансів на кожен суглоб, з часом експозиції по 2 хв. В даному курсі використовували різну частоту імпульсів, спочатку 1500Гц, а потім - 80 Гц [20]. Після проведення 2 сеансів спостерігалось загострення, проте воно зменшувалося в інтенсивності вже з 5 сеансу, до 7-10 сеансів уже фіксувалася стабільна позитивна динаміка. Увесь курс терапії складав 14-15 сеансів. Після проведення 5-6 сеансу фіксувалось зникнення явища синовіту. У деяких хворих локальну терапію комбінували з опроміненням наднирників. В таких випадках вже після першого сеансу прослідковувалося підвищення рівня кортизону в крові. Багато дослідників, а зокрема і дані прийшли до висновку, що починати лазеротерапію варто саме з так званих «старих» осередків шкірних проявів псоріазу.

Розглянемо клінічне лікування Утц С.Р. і співавторами псоріатичний артрит. Вони опромінювали локально уражені суглоби та / або відповідні сегментні зони [39]. Використовували низькоінтенсивне лазерне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 633$ нм та з енергетичною щільністю ЕЩ = 1,0 - 2,5 мВт/см². Час експозиції складав 4-5 хв на поле, проте стояло обмеження, не більше 30 хв на процедуру. Щодня проводили 15-20 процедур. Додатково комбінували з інфрачервоним лазерним випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda = 890$ нм. Це дало можливість отримати виражену протизапальну і анальгезуючу дію. Процедуру впливу

проводили в безперервному режимі з сумарною вихідною потужністю 15 мВт. Час експозиції на кожне поле складав по 5 хв, але не більше 25-30 хв на процедуру, на курс 12-15 процедур.

Звернемо увагу також на розробку нових, ефективних методик. Є інформація про використання фотофорез-азероферезу [39]. У чому суть такого методу? Одночасне застосуванні лазерного опромінення та лікарського препарату. Як результат спостерігаємо підвищення проникних властивостей тканин, а відповідно і збільшується надходження ліків до організму. А.Г. Адирхаєв та співавтори проводили лікування 14 хворих псоріазом, з них у 6 комбінували з хіміотерапією - транскутантним введенням антипсоріатичних препаратів на область псоріатичних бляшок [16]. Остання методика з хіміотерапією являється особливо перспективною.

Сорока п'ятьом хворим псоріазом проводили лікування лазеротерапією із використанням для проведення лазерної фотохіміотерапії застосовували гелій-неонового лазера типу ЛГ-75-1 з енергетичною щільністю 20 мВт / см² і довжиною хвилі монохроматичного червоного світла $\lambda = 632$ нм. Зранку починалось лікування з нанесення масляного розчину вітаміну А тонким шаром на осередки ураження. Разом з цим внутрішньо хворий приймав 2 капсули аєвіту і внутрішньо м'язової ін'єкції 3 мл 1,5% етимізолу. Через 2 години на патологічні осередки впливали низько-інтенсивним лазером, з часом експозиції 8 хв. За курс терапії призначали 25 щоденних процедур. У хворих з тривалим перебігом псоріатичної артропатії, вираженими явищами артрозу і остеопорозу лазеротерапію як з фотосенсибілізаторами, так і без них проводили в поєднанні з загальноприйнятими лікувальними засобами (метотрексат по 0,25 мг 2 рази на день, бутадіон по 0,15 г 3 рази на день, натрію саліцилат по 2 г в день, фолієва кислота). Всі хворі проходили локальну лазеротерапію. Згідно дослідження використання лазерної фотохіміотерапії дає можливість істотно знизити дозу медикаментозних препаратів, збільшує ефективність та скорочує терміни лікування. В порівнянні з контрольною групою, результати лазерної фотохіміотерапії - ефективність у 80,6% хворих на псоріаз, коли в попередній групі лише 40%.

С.Р. Утц та співавтори застосовували вплив на осередки ураження низькоінтенсивне лазерне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 337$ нм після попереднього використання фотосенсибілізатора фурокумарінового ряду в формі крему [39]. При цьому початкова доза складала УФ-А $0,1$ Дж / см^2 , а максимальна разова доза - 15 Дж / см^2 . За один сеанс могла опромінюватись значно більша площа осередків у порівнянні з іншими методами. Тут вона складала до 400 см^2 . Проте терапію проводили не щоденно, а лише один раз на три дні. Курс лікування склався з 10 до 15 таких процедур.

Вартий уваги ще один метод – лазероakupунктура. Цей метод показав себе як ефективний засіб для лікування досліджуваного захворювання [39]. Назвемо деякі особливості лазерної рефлексотерапії: безболісність та асептичність методу. Перевагами лазероakupунктури є простота методу, скорочення часу процедури. НІЛВ не викликає порушення цілісності шкірного покриву, що дуже важливо при необхідності впливу на біологічно активні точки, розташовані в області вогнищ ураження.

При лікуванні хворих з поширеною формою протікання хвороби, та ураженням великої площі поверхні тіла необхідно говорити про системний вплив на організм. Таку дію можемо спостерігати при використанні лазерного опромінення крові, зокрема якщо розглядати кров як своєрідне інтегроване середовище. Можемо зустріти чимало досліджень, де автори фіксують високу ефективність внутрішньосудинного лазерного опромінення крові (ВЛОК) при псоріазі [39,45]. Внутрішньовенне лазерне опромінення крові надає детоксикуючий системний вплив, сприяє видаленню ксенобіотиків і різних токсичних продуктів, стимулює функціональну активність імунної системи, активує фізіологічні механізми саногенезу з нормалізацією життєвих процесів [38]. Лазерна гемотерапія сприяє імуностимулюючій дії на Т-лімфоцити і їх субпопуляції [24]. У роботах ряду дослідників щодо застосування ВЛОК у хворих на псоріаз було доведено, що даний метод лікування сприяє корекції порушень мікроциркуляції, нормалізує ліпідний обмін, зменшує гіпоксію тканин, регулює баланс про- та антиоксидантної системи [38].

У лікуванні 42 пацієнтів хворих псоріазом на прогресивній стадії застосовували внутрішньосудинне лазерне опромінення крові. Тут використовували гелій-неоновий лазер, з потужністю опромінювання на виході світловоду від 1 до 7 мВт, та дозою лазерного впливу 3,6 Дж [43]. Час проходження одного сеансу варіювався від 15 до 45 хвилин. Остаточний регрес уражених осередків наступав по проходженню 25-29 днів лазеротерапії. Динаміка розширення патологічного процесу супроводжувалася зміною активності перекисленого окислення ліпідів. Слід зауважити, що при лікуванні хворих з ураженням суглобів додатково до ВЛОК додавали локальну лазеротерапію. Для цього застосовували напівпровідниковий терапевтичний лазер «Успіх» з випромінюванням інфрачервоного спектру та потужністю лазерного впливу від 15 до 17 мВт. Курс лікування складався з 15-20 процедур. Даний вид лазерного випромінювання має здатність до глибокого проникнення в тканини, анагетичний ефект, покращує мікроциркуляцію в ураженому органі.

Д.А. Шахматов і А.П. Ракчєєв, використовували для лікування хворих на псоріаз ВЛОК з довжиною хвилі $\lambda = 633$ нм, та потужністю на виході світловоду 2 мВт. Курс складав десять процедур. Паралельно проводили внутрішньом'язові ін'єкції аевіту. Вже через 20-25 днів проходження терапії в 60% випадків зафіксували істотне покращення, яке характеризувалося регресом псоріатичних осередків на шкірі, зменшенням хворобливості і нормалізації функцій суглобів [42]. Після проходження курсу ВЛОК значно частіше, а саме в 8 випадках з 10, в порівнянні з тими, хто проходив ПУВА-терапію, де лише в 2 випадках з 9, нормалізувалися підвищені показники глюкози в крові. Також зафіксовано більш виражене в порівнянні з ПУВА-терапією позитивну дію ВЛОК на корекцію підвищених показників індикаторних ферментів (АСТ і АЛТ), тоді як у осіб з нормальними їх значеннями скільки-небудь істотних змін не відбулося. Певною мірою різноспрямованість застосування цих методів лікування впливає на підвищені показники тригліцеридів: зафіксована ймовірність до їх зниження при ВЛОК та певне зростання при ПУВА-терапії. Вивчення методом лазерної доплерівської флоуметрії мікроциркуляції в шкірі показало, що під впливом

проведеного лікування у пацієнтів достовірно поліпшувалися показники мікрогемодинаміки. Відзначили статистично значуще зниження підвищених значень індексу мікроциркуляції на 32,8% і зростання індексу ефективності мікроциркуляції на 22,6%. При слідкуванні за пацієнтами після проходження терапії зафіксовано наступне: у хворих після ВЛОК тривалість ремісії зростає, і становить від 12 до 30 міс., при цьому у хворих після ПУВА-терапії її значення - від 6 до 8 місяців. Отож використання при лікуванні псоріазу ВЛОК дає можливість в більшості випадків добитись тривалої і стійкої ремісії, і що дуже важливо знизити кількість медикаментозних засобів, необхідних хворому. Зауважимо також, що лазеротерапія ВЛОК не супроводжується алергічними і токсичними реакціями.

Все ж таки варто зауважити на деякі проблеми, що появляються на практиці при спробах застосування ВЛОК. Перш за все зауважимо, що ВЛОК це інвазивний метод. Отож для його застосування необхідно порушити цілісність шкірного покриву. Необхідність контакту світловода з кров'ю ставить обов'язковою умовою його ретельну та тривалу, не менше трьох годин обробку в дезінфікуючих розчинах. Це погіршує оптичні властивості оптоволокну, а також робить його доволі ламким. Також є ризик травмування стінки судини торцем світловода, ризик відколу світловода під час опромінювання судини. Економічно висока вартість разових кварц-полімерних світловодів є ще одним недоліком для даного методу терапії.

Враховуючи ці недоліки останніми роками перспективним напрямком став неінвазивний варіант лазерної терапії. Черезшкірне лазерне опромінення крові (ЧЛОК) дозволяє передати крові, що протікає по судині енергію, еквівалентну енергії що забезпечується методом ВЛОК - 1-2 мВт [39]. Цей метод низько-інтенсивного лазерного випромінювання зазнав широкого поширення в медицині. Цей метод показав виражену седативну, дезінтоксикуючу та протизапальну дію лазерного випромінювання, та сприяє збільшенню ефективності процесів лікування. Саме це і стало основою включення методу черезшкірного лазерного опромінення крові в комплексну терапію псоріазу. Зафіксована істотна клінічна ефективність (клінічна ремісія у 45,8%, значне поліпшення у 25%, поліпшення у

29,2%) надвенозного лазерного опромінювання крові в лікуванні хворих на середньотяжкі і тяжкі форми псоріазу. Тут застосовували лазерний пристрій на парах золота з довжиною хвилі $\lambda = 628 \pm 2$ нм, та потужністю випромінювання $P \geq 1$ Вт, при цьому частота проходження імпульсів 16 кГц, а тривалість імпульсів 20 нс [28]. Після проходження надвенозної лазерної терапії спостерігається нормалізація кількості загальних Т-лімфоцитів, відношення Т-хелперів і Т-супресорів, фіксується зниження вмісту циркулюючих імунних комплексів, зниження комплементарної активності сироватки крові. У процесі проведеної лазерної терапії спостерігається збільшення антиоксидантної активності сироватки на 26%.

У відділенні лазерної терапії і фотодинамічної терапії МРНЦ РАМН проліковано різними методами лазеротерапії 51 хворий на псоріаз [44]. Для цього в лікуванні 20 хворих застосовували метод надвенозної світлової терапії, комбінуючи її з місцевим низькоінтенсивним лазерним опромінюванням великих осередків ураження псоріазом. Для надвенозного світлового лікування застосовували монохроматичну лампу АТО-1-650 з довжиною хвилі $\lambda = 0,63$ мкм, та енергетичною щільністю випромінювання становить 40 мВт/см². Світлова пляма діаметром 1 см фокусувалася на область кубітальної вени. Тривалість кожного сеансу опромінювання вени – 20 хвилин. Додатково, пацієнтам з великими осередками ураження псоріазом, де діаметр бляшки складав більше 10 см, отримали місцеве лікування за допомогою низькоінтенсивного інфрачервоного лазерного апарату «Мустанг 025». Опромінювали кожен такий осередок по 5 хвилин, з частотою роботи лазера 150 Гц. Курс формувався з 12-15 процедур надвенозного і за потребою місцевого лазерного опромінювання. При найскладніших випадках, там де хворі скаржились на сильний свербіж та спостерігалась велика поширеність висипань, додатково застосовували медикаментозне лікування, яке включало в себе антигістамінні препарати і вітаміни В6 і В12. 16 хворих отримували внутрішньовенне лазерне опромінювання крові. Для цього використовували гелій-неоновий лазер УЛФ-1, з довжиною хвилі лазерного випромінювання $\lambda = 0,63$ мкм і потужністю випромінювання на виході 15 мВт. Світловод за допомогою спеціальної насадки «метелик» вводили в кубітальну вену

хворого. Час опромінювання крові щодня збільшували. На початку сеанс тривав 15 хвилин, а в кінці - 40 хвилин. Увесь метод лікування - 10 процедур. У даній групі пацієнти з поширеними формами псоріазу також отримували додаткову медикаментозну терапію. Результати свідчать, що лазеротерапія при лікуванні псоріатичних захворювань досить ефективна і має чимало беззаперечних переваг у порівнянні з традиційною терапією.

Також було запропоновано ще один метод: при використанні низько-інтенсивного інфрачервоного лазерного випромінювання впливати на проекцію ліктьової вени, при цьому на місце дотику з світловодом попередньо наносили зовнішньо концентрат етилових ефірів [34]. Цей метод виявився клінічно виправданим, в такому методі клінічний результат розробленого лікування та особливо період ремісії захворювання значно зростають. Застосовувалося НІЛВ з постійним і імпульсним режимом генерації з довжиною хвилі $\lambda = 0,90-0,91$ мкм серійного апарату типу «Магік». Кожен сеанс проходив на протязі 30 хвилин, курс лікування складав до 25 процедур. Вже при проходженні першого тижня лікування пацієнти відзначили покращення загального стану, покращення суб'єктивних відчуттів, зупинялася поява нових осередків ураження, та псоріатичні плями після спочатку рясно лущились а невдовзі спрощувались та блідли. Вже на 14-17 день проходження терапії у 78 з 86 хворих клінічні ураження розв'язалися, на певних осередках висипань ще залишилася легка інфільтрація, депігментовані або гіперпігментовані плями. Лише у 8 з 86 хворих, що спостерігалися залишалися чергове лущення осередків ураження в зоні крижів та розгинальних поверхонь верхніх і нижніх кінцівок. Вже після проходження терапії за хворими спостерігали віддалено. І тут фіксується стійка ремісія псоріатичного захворювання на протязі року. При проходженні терапії та й після того не спостерігалось ніяких побічних ефектів. Дослідження стану імунокомпетентної системи у обстежених хворих після лікування дозволило встановити достовірне збільшення відносного ($57,9 \pm 0,2\%$) і абсолютного ($0,98 \pm 0,1 \times 10^9$ л) змісту Т-лімфоцитів в крові і їх проліферативної активності. Разом з високою ефективністю даних методів слід звернути увагу і на зменшення кількісно та якісно набору медичних препаратів, що вживають при

лікуванні. Це є перспективно як для досягнення соціального ефекту так і економічно.

Трохи детальніше варто розглянути роботу С.В. Москвіна та співавторів [49]. Зовсім недавно появилися діодні лазери з довжиною хвилі 520-525 нм, і ця поява дозволила розробити високоефективну апаратуру для фізіотерапії на їх основі, як для застосування зовнішнім опромінюванням, так і для внутрішньосудинного лазерного опромінювання крові. Можна вже зустріти опубліковані клінічні дослідження про використання зелених діодних лазерів для ВЛОК. Метою їхнього дослідження було проведення оцінки ефективності методу лікування хворих псоріазом, з використанням ВЛОК-525 та локальним опроміненням імпульсним інфрачервоним (ІЧ) низкоінтенсивним лазерним випромінюванням (НІЛВ) [21]. У проведенні дослідження брало участь 42 хворих з поширеними формами псоріазу, та на стадії прогресування та з давністю захворювання від 5 до 20 років. Серед них у 39 пацієнтів було присутнє ураження волосистої частини голови, та у 3-х процес локалізувався на шкіру долонь і підшов. Також у 34 хворих серед них спостерігалася супутня артеріальна гіпертензія, де артеріальний тиск був більшим 135 / 85 мм рт. ст., та дисліпідемія. Усіх хворих автори дослідження поділили на 2 групи: 22 людини – перша, основна група, яку лікували з проведенням комбінованої лазеротерапії, 20 людей – друга, контрольна група, в ній проводили базову, стандартну терапію.

Середній індекс PASI для основній групі показав до початку лікування $44,5 \pm 4,9$ бали та в контрольній групі порівняння - $43,4 \pm 4,2$ бали. Для терапії лікування контрольної групи порівняння відповідно до клінічних рекомендацій по лікуванню хворих псоріазом від 2008 року, а також наказу МОЗ і СР РФ від 30.05.2006 р №433 «Про затвердження стандарту медичної допомоги хворим на псоріаз» пацієнти отримували розчини, електроліту, засоби корекції кислотної рівноваги, антигістамінну терапію, гепатопротектори, ціанокобаламін. А також зовнішньо застосовували: крем Унні, топічні глюкокортикостероїди. Для першої групи в комплекс лікувальних заходів була включена лазеротерапія за оригінальною методикою з використанням лазерного терапевтичного приладу «Лазмік-ВЛОК»

(рис. 2.1) з підключеними лазерними головками (табл. 2.1). Для ВЛОК використовували одноразові стерильні світлопроводи КИВЛ-01 по ТУ 9444-005-72085060-2008 виробництва Науково-дослідного центру «Матрикс» (Росія, Москва) [49].

Таблиця 2.1. Параметри лазерних головок

метод	Довжина хвилі	К-сть лазерних діодів	Максимальна потужність
ВЛОК	525	1	20мВт
НЛОК	635	8	40Вт
Режим роботи	Тривалість світлового імпульсу	Максимальна частота	Площа
ВЛОК Безперервний	-	-	-
НЛОК Імпульсний	100-130 нс	10000Гц	8 см ²



Рис. 2.1. Апарат лазерний терапевтичний «Лазмік-ВЛОК» з лазерними випромінюючими головками мл-635-40 (внизу праворуч) і КЛ-ВЛОК-525-20 (внизу зліва) [49].

Сеанси проводили щоденно, у другій половині дня на протязі п'ятнадцяти днів. Опромінювання проводили за запропонованою раніше схемою: - локально на

чотири осередки запалення симетрично по дві хвилини на кожну зону, контактно, з використанням лазерної випромінюючої головки МЛ-635-40, увімкненою на максимальну потужність та варіативною частотою; внутрішньосудинне лазерне опромінювання крові проводилося головкою КЛ-ВЛОК-525-20 зі зміною потужності та часом експозиції (табл. 2.2). З метою отримання оцінки щодо якості терапевтичного лікування для всіх хворих проводили дерматоскопічне дослідження осередків ураження за допомогою відеодерматоскопа «Mole Max HD» (компанії Дерма Медікал Системс, Австрія) використовуючи при цьому збільшення x30; x60; x100 [49].

Таблиця 2.2. Параметри комбінованої лазерної терапії

Сеанс	Місцево (МЛ-635-40)	ВЛОК – 525 (КЛ-ВЛОК-525)	
		Потужність, мВт	Експозиція, хв
1	80	2	5
2	150	5	7
3	600	5	12
4	1500	10	15
5	3000	15	15
6-7	6000	15	20
8-10	10000	20	20
11-12	1500	20	20
13-15	80	20	20

Після проходження двох перших сеансів комбінованої лазеротерапії спостерігали істотне зменшення еритеми та інфільтрації шкіри в осередках ураження, плями псоріазу значно очистилися від лущення. Значення середнього індексу PASI склало $33,2 \pm 4,9$, тобто знизилося на 25,4% від початкового значення. Після проходження одного тижня терапії еритема елементів на шкірі незначна, істотно зменшилася інфільтрація та лущення. Індекс PASI для першої групи знизився ще на 33,5% та складав вже $29,6 \pm 4,8$. По проходженні 10 терапевтичних

процедур фіксувалася стабілізація процесу на шкірі: папули і бляшки блідо-рожевого кольору, інфільтрація незначна, лущення практично було відсутнє. Значення середнього індексу PASI складало $18,5 \pm 4,8$, що характеризувалось зменшенням на 58,4%. По проходженні повної терапії, яка включала 15 сеансів в основній групі практично у всіх пацієнтів, окрім одного, зафіксували регрес елементів на шкірі, а середнє значення індексу PASI склало $9 \pm 4,5$. У контрольній групі порівняння динаміка одужання була не настільки очевидна (рис. 2.2), і на закінчення лікування середній індекс PASI склав $12 \pm 3,8$ у 12 пацієнтів (рис. 2.3), а у 8 пацієнтів - $17 \pm 3,8$. Погіршень шкірного процесу не виявлено.

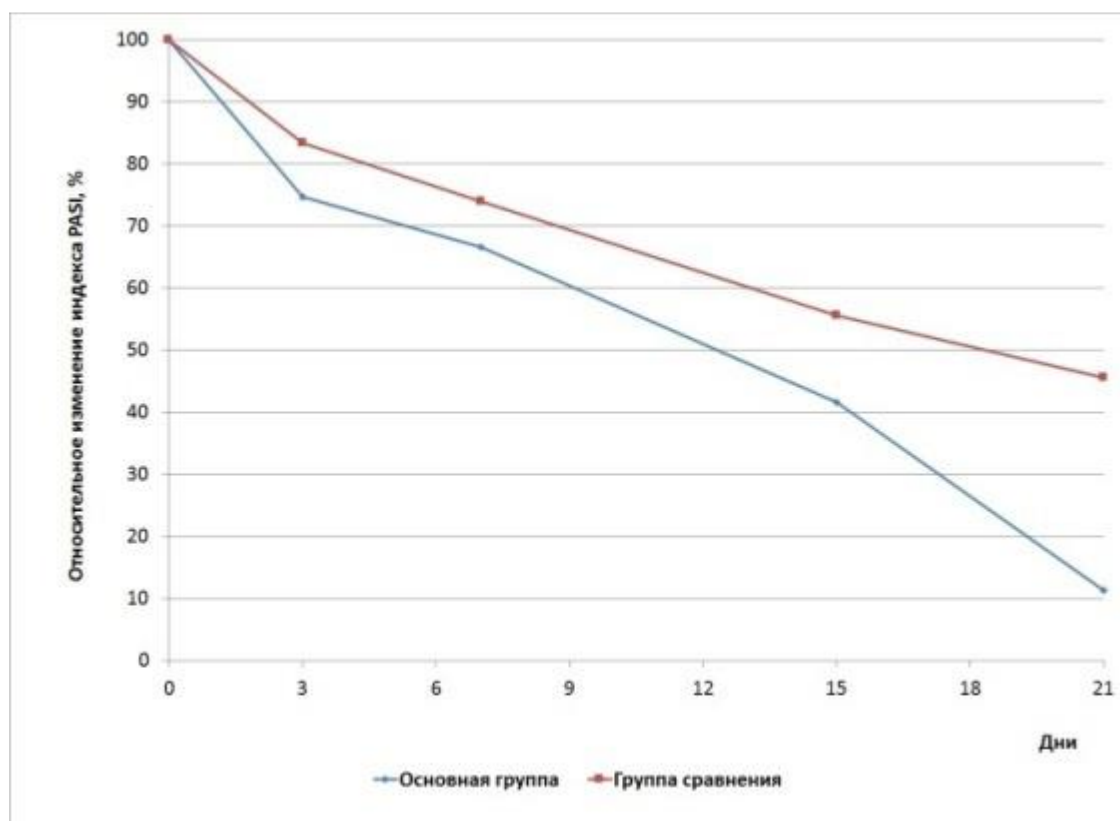


Рис. 2.2. Динаміка зміни індексу PASI [49]

Таким чином, комбінована лазерна терапія хворих середньо-тяжкою формою псоріазу (індекс PASI 40-50), що включає місцевий вплив на псоріатичні осередки імпульсним НІЛВ червоного спектра (635 нм) потужністю 40 Вт зі зміною частоти проходження імпульсів до 10000 Гц і ВЛОК-525 за розробленою вищезгаданими авторами методикою, дозволяє ефективно лікувати запальні зміни, призводить до

зниження еритеми, інфільтрації і лущення. Спостерігається швидке зменшення площі ураженої шкіри [49].

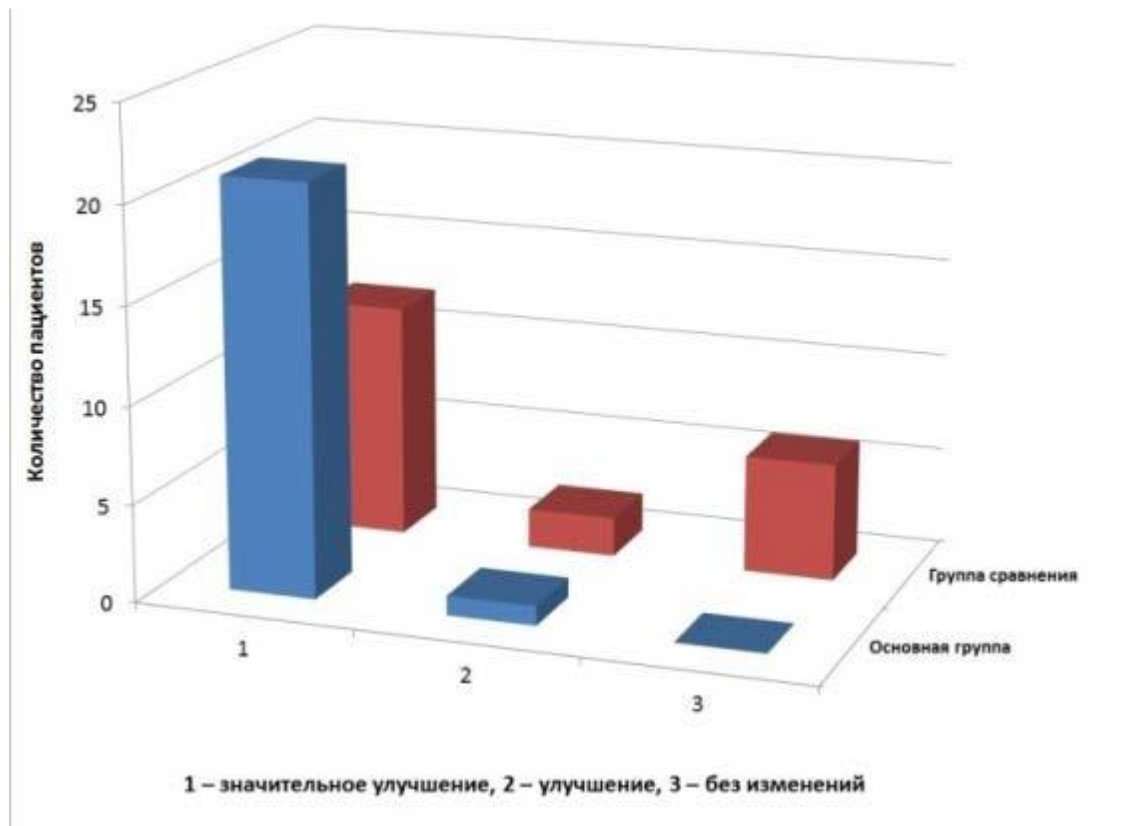


Рис. 2.3. Динаміка клінічних змін в різних групах [49].

Висновки до розділу II

Таким чином, проаналізувавши літературу впевнено можемо стверджувати, про те, що використання низько інтенсивного лазерного впливу при комплексному лікуванні хворих псоріазом на амбулаторному або стаціонарному етапі призводить до посилення ефективності та скорочення термінів лікування, а також має мінімальну кількість обмежень для застосування в широкій лікувальній практиці. Також використання вищезгаданих методик терапії в лікуванні псоріазу дає змогу значно раніше купірувати клінічні симптоми загострення даного захворювання, запобігти розвитку рецидивів, а також дозволяє домогтися збільшення періоду ремісії при перебігу хвороби, а отже безсумнівно покращує якість життя пацієнтів. Перспективність розвитку лазеротерапевтичних методик показують наступні переваги: простота методики, відсутність побічних реакцій, обмежена кількість протипоказань при проведенні процедур. Розробка дієвих методів і способів оцінки впливу НІЛВ дозволить оптимізувати лікування хворих на псоріаз, зробивши його найбільш ефективним і найменш витратним.

Розділ III Розробка апарату та режиму терапії

3.1. Розробка апарату для лазеротерапії псоріазу волосяного покриву голови

На основі вивченого можна навести кілька факторів, які необхідні для чіткого проходження комбінованої лазеротерапії. Перш за все, враховуючи особливість лазерного випромінювання дуже важливо чітко вказувати довжину хвилі лазера, яким відбувається опромінення, а також його енергетичну щільність, тобто значення потужності з розрахунку на одиницю площі опромінення. Також необхідно забезпечити чітку роботу опромінювання, аби впливати саме осередки ураження та робити це рівномірно, без «передозування» та з достатньою кількістю енергії.

У багатьох людей хворих на псоріаз, багато уражених осередків знаходяться саме на голові, а точніше на місці волосяного покриву голови. Проаналізувавши різні методи використання лазерного опромінювання для лікування псоріазу, було виявлено потребу в розробці нового приладу, який дозволить опромінювати саме волосяний покрив голови, та саме в місцях уражених хворобою. В результаті аналізу інформації, логічно запропонувати шлемо подібну форму саме для пристрою опромінення.

Опишемо принцип роботи такого приладу. Коли пацієнт приходить до лікаря, той детально оглядає волосяний покрив голови. Зразу ж робить кілька знімків спеціальною камерою здорових та уражених ділянок шкіри, так як цього просить програма приладу. Ці дані будуть використовуватись для калібрування та навчання програми, яка в подальшому при проходженні камерного скринінгу голови буде автоматично розрізняти певну ділянку шкіри, вона здорова чи уражена. Після кількох контрольних кадрів надягаємо шлем і запускаємо скринінг. Шлем містить в собі щось подібне на 2 гребінці, які на кожному своєму кінчику мають і камеру і лазер. Дані гребінці рухаються по шлемі у напрямку спереду до заду, потім піднімаються на кілька міліметрів, та вертаються у початкове положення, зміщаються, на фіксовану к-сть кроків в сторону, і продовжують повздовжній рух.

При скінченній к-сті проходів ми матимемо відображену в програмі поверхню волосної частини голови, з зафіксованими на ній осередками ураження. Дані зразу можна зберегти, що допоможе потім детально вивчити та спостерігати за процесом лікування. Цю процедуру необхідно проводити кожен день перед сеансом. Далі запусаємо процес опромінювання, який подібний до процесу скринінгу, проте замість увімкнутих камер, прилад, керуючись програмою точно буде знати які зони, ділянки уражені, і відповідно до цього в перебігу процедури опромінювання буде вмикати чи вимикати відповідний лазер. Згідно даних внесених в програму комп'ютер вираховуючи місце проходження лазера вмикає або вимикає його з певною розрахованою щільністю опромінювання.

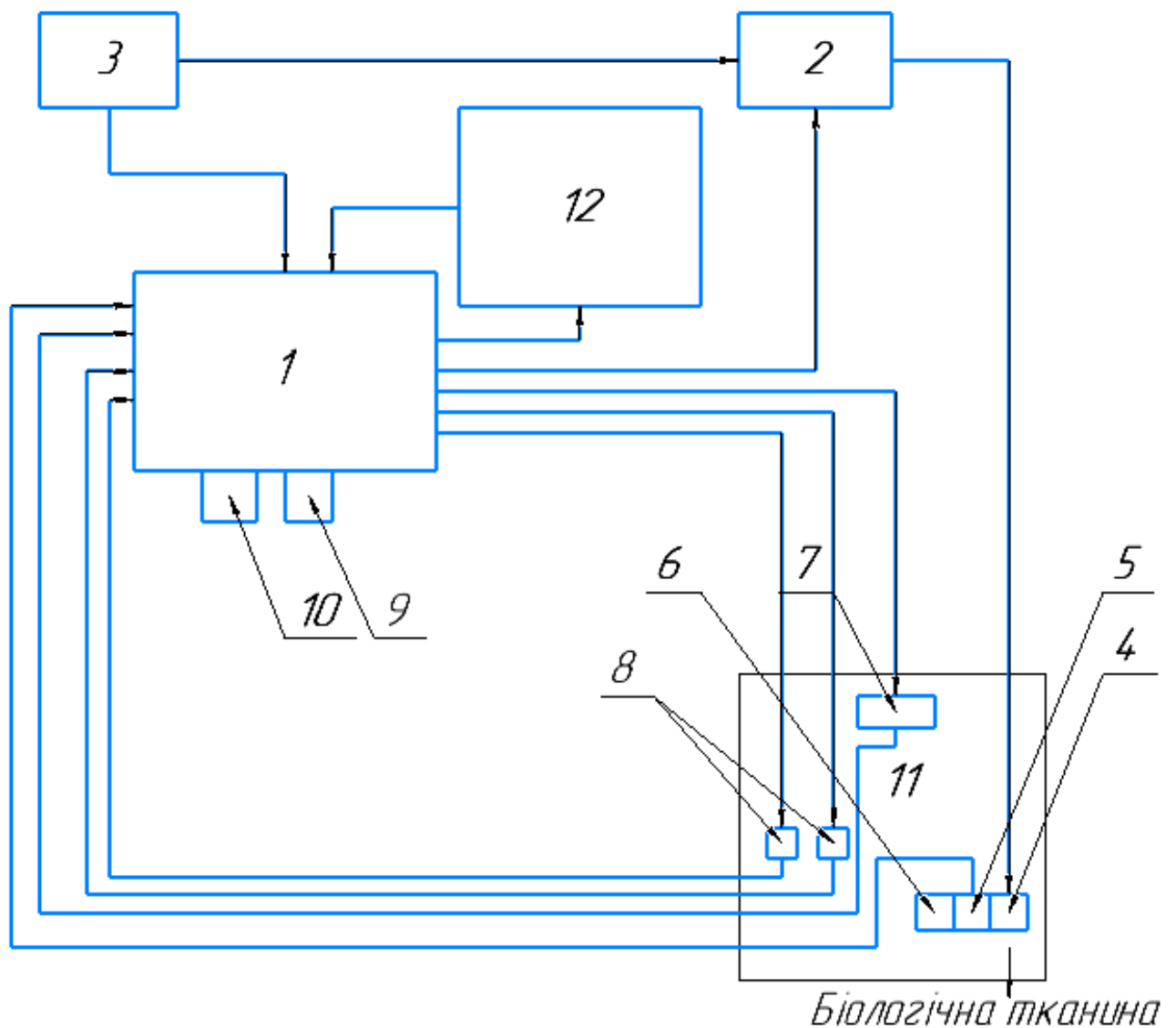


Рисунок 3.1. Функціональна схема запропонованого приладу: 1 – головний блок керування; 2 – блок керування лазером; 3 – блок живлення; 4 – лазер; 5 – камера фотофіксації; 6 – зубчик гребінця; 7,8 – електродвигуни, що забезпечують поздовжній та поперечні рухи гребінців по поверхні голови, та надають для блоку керування інформацію про точне місцезнаходження камер та лазерів; 9 – роз’єм для підключення головки внутрішньовенного опромінювання крові; 10 – роз’єм для підключення додаткової головки випромінювання; 11 – шлемо подібний пристрій для скринінгу та лазерної терапії волосяного покриву голови, 12 – дисплей з пристроями введення та керування.

Ліворуч зверху під номером 3 знаходиться блок живлення, який забезпечує безперервну роботу пристрою при підключенні до мережі. Блок живлення безпосередньо підключений до двох блоків: головного блоку керування та блоку керування лазером. Головний блок керування має складну будову. Його в співпраці з дисплеєм та пристроями введення та керування 12 можна поєднати в комп’ютерну систему, до якої інтегровано додаткове обладнання для проведення автоматизованого процесу лазерної терапії. Головний блок керування отримує інформацію про точне місце розміщення камер фотофіксації а відповідно і лазерів, за допомогою двигунів-датчиків під номерами на схемі 7 та 8. Також цей блок безпосередньо від камер 5 отримує зображення в кожній точці. Отримавши ці зображення цей же блок порівнює отримане зображення з фотозображенням здорового сегменту шкіри та в результаті порівняння приймає рішення про ураженість чи здоровий стан сегменту. Ці значення він вносить до схеми, зображеної на рисунку 3.8. При потребі за процесом заповнення схеми можна спостерігати за допомогою дисплея 12. По завершенню скринінгу програма починає безпосередньо терапію. Відбувається це наступним чином, за допомогою тих же двигунів-датчиків гребінці рухаються по поверхні і головний блок керування 1 вмикає за допомогою блоку керування лазерами 2 лазер 4 з відповідною потужністю. Двигуни-датчики 7 та 8, гребінці з зубчиками 6, камерами 5 та лазерами 4 розміщені на шлемо-подібному пристосуванні 11 для

терапії волосяного покриву голови. Також прилад містить роз'єми для підключення лазерних головок для внутрішньосудинного опромінювання крові 9 та головки для локального впливу осередків ураження 10.

3.2. Огляд ключових компонентів апарату

Осередки ураження, що знаходяться на волосяній частині голови, згідно даної методики будуть опромінюватись за допомогою лазерів з довжиною хвилі $\lambda = 635$ нм, та максимальною потужністю 20 мВт кожен. Модель такого діода D6-5-635-20. Нижче наведемо його технічні характеристики. Це лазерний діод червоного спектра, призначений для промислового використання в біомедицині.

Таблиця 3.1. Абсолютні максимальні показники.

Абсолютні максимальні показники при $T_c=25^\circ\text{C}$			
Параметр	Символ	Значення	Одиниця вимірювання
Оптична вихідна потужність	P_o	20	мВт
Напруга	V	2	В
Робоча температура	T_o	50	$^\circ\text{C}$

Таблиця 3.2. Електричні та оптичні показники.

Електричні та оптичні характеристики при $T_c=25^\circ\text{C}$						
Параметр	символ	Мін.зн.	Оптим.зн.	Макс.зн.	Одиниці	Умови
Оптична вихідна потужність	P_o	-	-	20	мВт	-
Пороговий струм	$I_{пр}$	-	50	60	мА	-
Робочий струм	I_p	-	70	85	мА	$P_o=20\text{мВт}$
Робоча напруга	V_p	-	2,3	2,5	В	$P_o=20\text{мВт}$
Пікова довжина хвилі	λ	630	635	640	Нм	$P_o=20\text{мВт}$
	$\Theta//$	6	9	12	$^\circ$ град	$P_o=20\text{мВт}$

Розбіжність пучка світла	$\Theta \perp$	31	33	35	° град	$P_o=20\text{мВт}$
-----------------------------	----------------	----	----	----	--------	--------------------



Рисунок 3.1. Зовнішній вигляд діода D6-5-635-20.

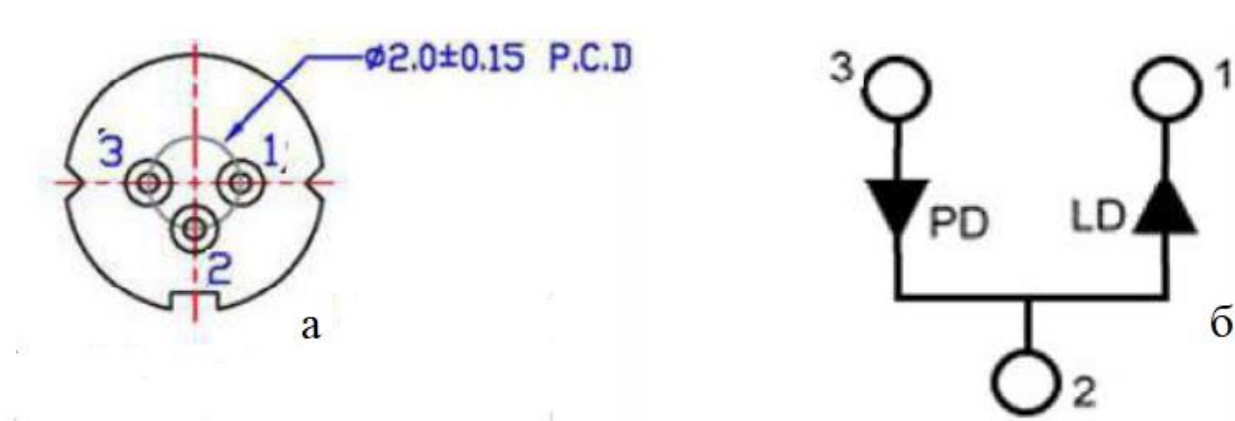


Рисунок 3.2. Розміщення контактів(а) та їх відповідність підключення(б).

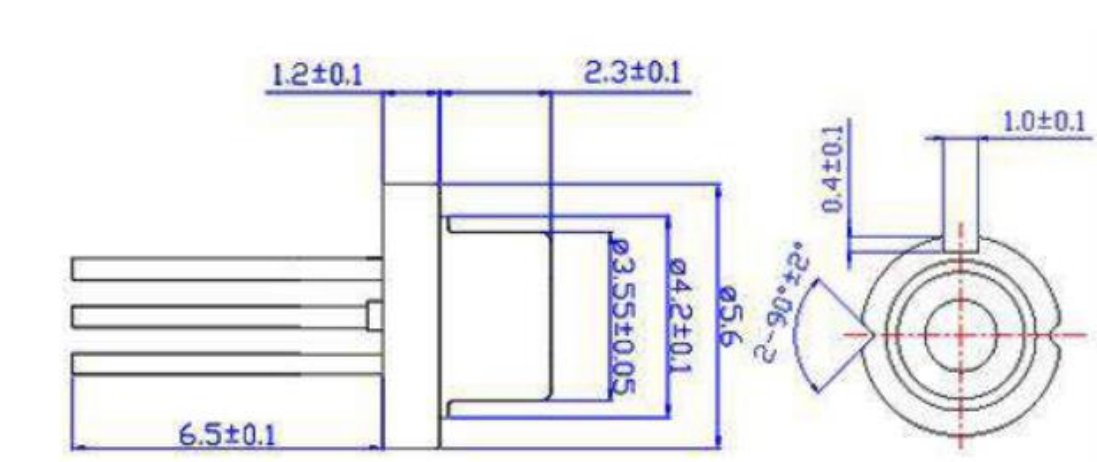


Рисунок 3.3. Розміри та форма лазерного діода.

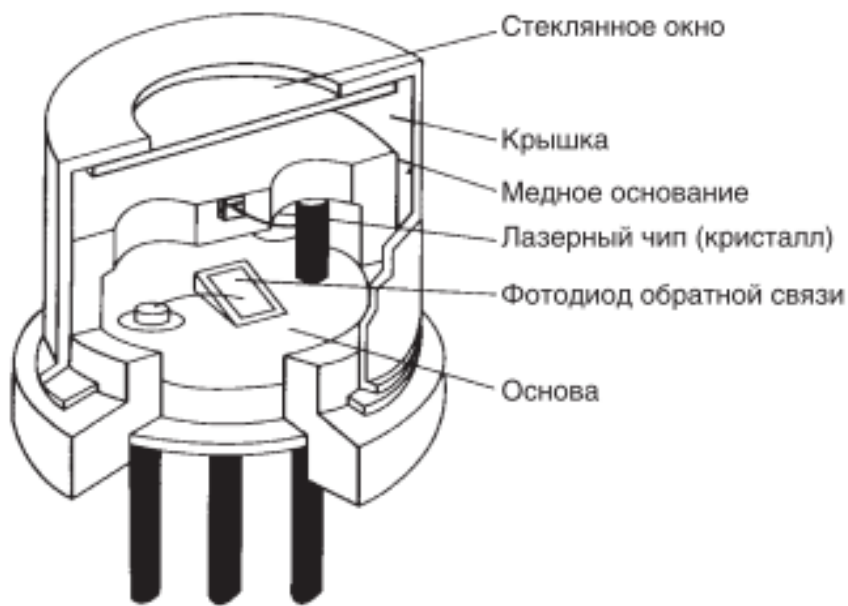


Рисунок 3.4. Внутрішня будова такого лазера [9].

Розглянемо детальніше камери, які могли б задовільнити наші умови. Нагадаємо, що вони необхідні нам для проведення фотоскринінгу, згідно якого пристрій буде автоматично розпізнавати осередки ураження псоріазом. Слід зауважити, що основною вимогою до камери є її розміри, серед пошуку подібних розмірів було знайдено цікавий варіант, а саме камера ендоскопа(бароскопа). Зображена така камера на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5. Загальний вигляд камери ендоскопа.

Наведемо деякий опис та характеристики такої камери. Дана камера має розширення 1.3 Мп та дозволяє отримувати зображення 1280x720 при підключенні до персонального комп'ютера. Важливою характеристикою для нас являється її форма та розмір. Камера має циліндричну форму з діаметром 7 мм. Також великою перевагою даної камери є наявність підсвітки, яка реалізована тут за допомогою 6 білих світлодіодів, яскравість яких можна регулювати. Кут обзору даної камери 66 градусів. Найкращий фокус зображення досягається вже з відстані у 4 см. Дана камера виконана з рівнем захисту: IP67. Є програмне забезпечення, яке дозволяє підключити таку камеру до персонального комп'ютера з операційною системою Windows, хоча нам варто буде використовувати додаткові реєструючі прилади, враховуючи одночасне отримання кількох зображень.

Отож розглянемо детальніше модуль, який включає в себе камеру та лазер. Оскільки мінімальна відстань для хорошого фокусу камери 4 см, то відповідно ми маємо відстань, значення висоти над поверхнею голови, де вона повинна розміститись. Наступним кроком вирахуємо висоту, на якій повинна бути розміщена головка лазера. Для цього вважатимемо, що розміри плями опромінення лазером, повинні бути такими, аби повністю перекрити квадрат з розміром сторони 1 см. Отож відповідний круг, мінімального розміру, який включить до себе такий квадрат матиме радіус:

$$r = \frac{a*\sqrt{2}}{2} = \frac{1*\sqrt{2}}{2} = 0,705\text{см.}$$

Знаючи розбіжність пучка світла при перпендикулярному опроміненні $\Theta^\perp = 33^\circ$, то для визначення висоти положення лазера використаємо прямокутний трикутник, де для кута $\Theta^\perp/2$ прилеглим катетом буде висота положення лазера, а протилежним радіус. Відповідно:

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\Theta^\perp}{2}\right) = \frac{r}{h}; h = \frac{r}{\operatorname{tg}(15,5^\circ)} = \frac{0,705}{0,277} = 2,54\text{см.}$$

Таким чином ми отримуємо значення висоти на якій необхідно розмістити лазер відносно поверхні волоссяного покриву голови. Зворотнім методом можна розрахувати, яку площу охопить камера, знаходячись на висоті 4 см, проте нам це не важливо, з її знімка програма автоматично виріже невелику квадратну ділянку

розміром 1см. І таких фотографій під час процесу скринінгу ми отримаємо багато. Складаючи їх один до одного, отримаємо результат скринінгу голови.

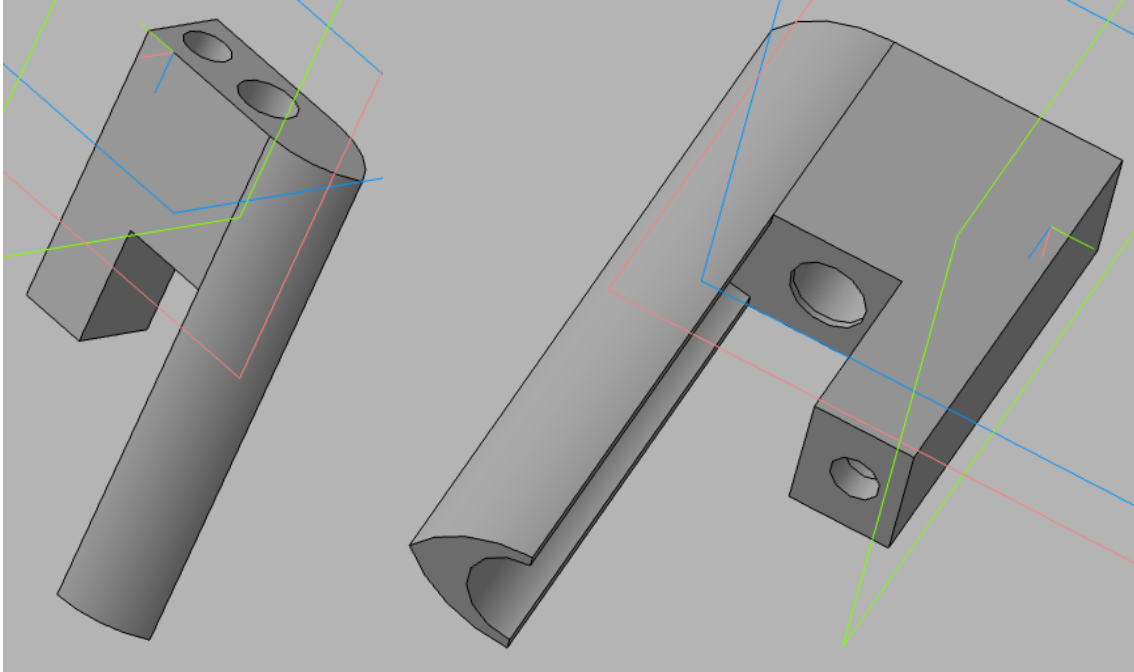


Рисунок 3.6. Загальний вигляд корпусу одного модуля.

Звернемо увагу, що модуль розроблений таким чином, що він забезпечує розгортання волосся при проходженні вперед, а також забезпечує правильне положення по висоті для камери та лазерного діода.

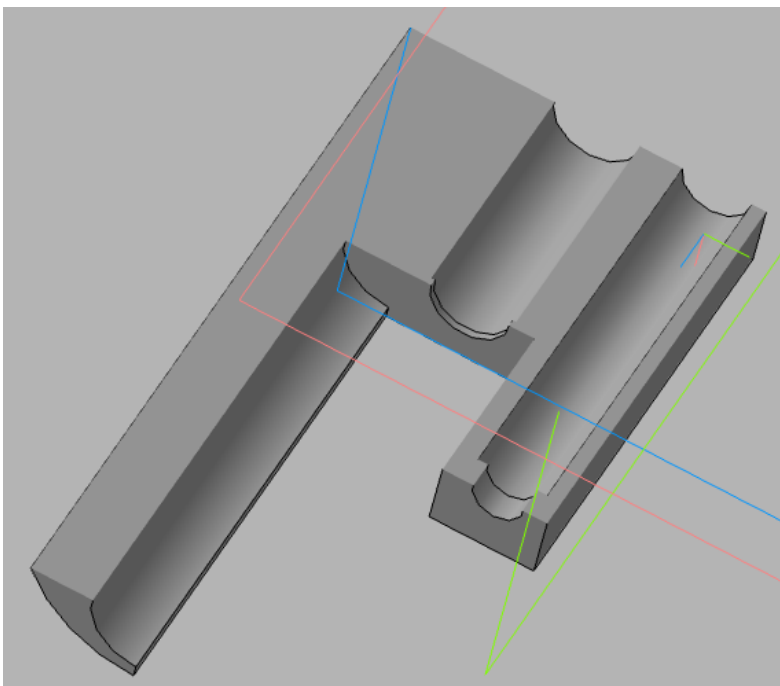


Рисунок 3.7. Переріз корпусу модуля.

Ширина такого модуля сформована шляхом утворення мінімального розміру, за умови досягнення надійного кріплення лазера та камери. Таким чином ми отримали значення 11 мм. На кожній розчісці по 3 таких модулі, розташованих на відстані 9 мм між собою.

3.3. Алгоритм проходження терапії

Починаємо скринінг з країв, а саме з скронь. Таким чином за один прохід ми отримаємо пройдених 3 полоси на кожній півкулі голови. Далі розчіски зїжджаються на 1 см і виконують другий прохід. Після проходження 2-го проходу ми отримаємо пройдених по 6см. Далі розчіски зходяться на 5см кожна до середини, і повторюють знову по 2 проходи з зсувом до середини на 1 см між ними. Після цих проходів ми отримаємо пройдених 24 см, для отримання повної картини лишається проведення ще одного проходу лише однією з розчісок по середині. Задля забезпечення рівномірного використання лазерів та камер середній прохід можна почергово різними розчісками. Розчіски розміщені на одній планці, по якій вони можуть зсовуватись, а ця планка рухається від лобової до тильної частини голови з фіксованою швидкістю. Відповідно до положення розчіок(ближче до середини чи до краю) визначається швидкість проходу кожного модуля, а відповідно і частота фіксування фотографій. Таким чином в результаті скринінгу ми отримаємо наступне.

Камера, зробивши фото, вносить результат в таку таблицю. Як бачимо при проході по сторонам(біля вух) знімків робиться менше, так як там менша швидкість проходження розчісками. В таблицю вноситься не саме фото, а результат розпізнавання на наявність осередку ураження в цій ділянці. Після повного заповнення таблиці програма проводить розрахунок випромінювання.

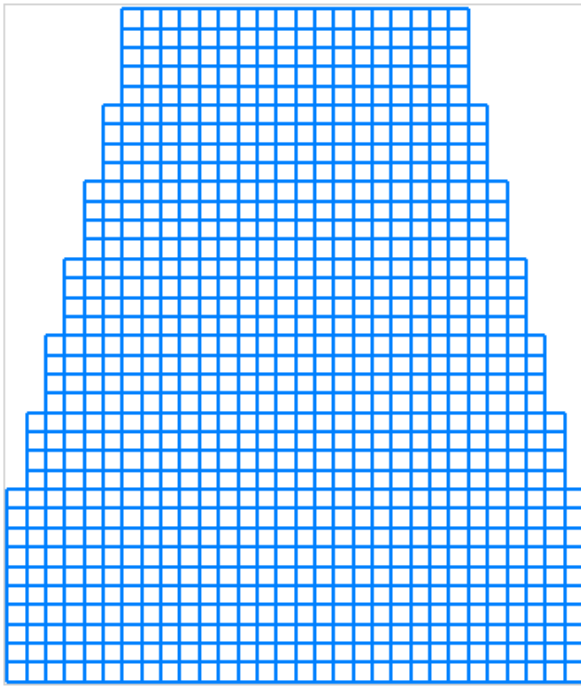


Рисунок 3.8. Схема для розміщення результату скринінгу

Алгоритм розрахунку буде наступним та нескладним. По перше вираховується к-сть квадратиків, в яких виявлено осередки ураження. Усього ми маємо 870 квадратиків. Якщо к-сть необхідних для впливу менша 30 штук, то програма опромінюватиме кожен з квадратиків по 1 хвилині. Якщо ж к-сть необхідних для опромінювання квадратиків складатиме більше 30-ти штук, тоді програма розрахує час опромінення кожного такого сегмента, за допомогою нескладного відношення. Загальний час опромінювання згідно таблиці 3.3, порівно ділиться на кількість потребуючих терапії сегментів. Таким чином програма і визначить час для опромінювання кожного сегмента.

Після даного розрахунку, запускається безпосередньо процес терапії. Цей процес аналогічний до процесу скринінгу, проте замість того щоб фіксувати програму, в даний момент рух пластини з розчісками зупиняється, і вмикається той лазер, який в цей момент знаходиться на місці сегменту, що потребує опромінення. Якщо поговорити про 6 центральних проходів, то там можуть спрацювати по кілька лазерів одночасно, в залежності від місць осередків ураження. Проте при проходженні 4-ох бокових проходів (2 зліва та 2 справа) момент проходження кожним лазером свого сегменту різний, отож і лазери там включатимуться в своєму

порядку. Таким чином процес впливу НІЛВ може складати до 30ти хвилин, хоча зазвичай він буде коротшим.

3.4. Розрахунок щільності потужності та її модуляція в режимі опромінення

Щільність потужності – параметр, що показує відношення потужності випромінювання до площі поверхні, по якій вона розподілена. Одиниця виміру - ват / м² [Вт / м²]. Проте у лазерній терапії на практиці значно зручніше використовувати інше нормування, мВт / см².

$$\text{ППМ} = \frac{P_{\text{cp}}}{S};$$

При розрахунку положення лазера стосовно шкіри голови ми використовували наступні дані: площа опромінення одним лазером – круг, що включає в себе квадрат розмірами 1 см на 1 см. Отож $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot (\sqrt{2})^2}{4} = 1.57 \text{ см}^2$. Отримуємо максимальне значення:

$$\text{ППМ} = \frac{P_{\text{cp}}}{S} = \frac{P_{\text{max}}}{S} = \frac{20}{1.57} = 12,74 \text{ мВт/см}^2.$$

Енергетична щільність показує загальне значення потужності, з розрахунком площі та часу експозиції.

$$\text{ЕЩ} = \frac{P_{\text{cp}}}{S} \cdot t$$

де P_{cp} - середня потужність, S - площа поверхні, по якій розподілена світлова енергія, t - час впливу (експозиція). Проте в даній формулі потужність необхідно враховувати в Вт, а не в мВт, а час в секундах. Отож максимальна енергетична щільність при опроміненні 30 хв:

$$\text{ЕЩ} = \frac{P_{\text{cp}}}{S} \cdot t = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{1,57} \cdot 30 \cdot 60 = 22,93 \text{ Дж/см}^2$$

Як показали дослідження інших авторів кращий ефект спостерігається при модуляції потужності та експозиції опромінювання протягом проведення терапії. Приймавши це до уваги, приймаємо наступні значення для проведення лазеротерапії у хворих псоріазом.

Таблиця 3.3. Режими опромінення при проходженні терапії

Сеанс	Потужність, мВт	Час усієї процедури, хв	Щільність потужності, мВт/см ²	Енергетична щільність, Дж/см ²
1	5	5	3,18	0,954
2	5	8	3,18	1,53
3	10	10	6,37	3,82
4	10	13	6,37	4,97
5	15	15	9,55	8,6
6-7	15	20	9,55	11,46
8-10	20	20	12,74	15,29
11-12	20	25	12,74	19,11
13-15	20	30	12,74	22,93

Керування напівпровідниковими лазерами відбувається за допомогою схематичних прийомів та засобів. Потужність випромінювання напівпровідникового лазера (рис. 3.9.а) залежить від порогового струму в активній зоні лазерного діода. При значеннях струму нижче порогового лазер працює як світлодіод та генерує некогерентне оптичне випромінювання невеликої потужності. При досягненні порогового значення струму в лазерному резонаторі генерується когерентні оптичні коливання і різко зростає потужність випромінювання. В цей момент потужність випромінювання пропорційна силі струму. Таким чином, можливі зміни потужності випромінювання напівпровідникового лазера однозначно пов'язані з ціленаправленою зміною сили струму.

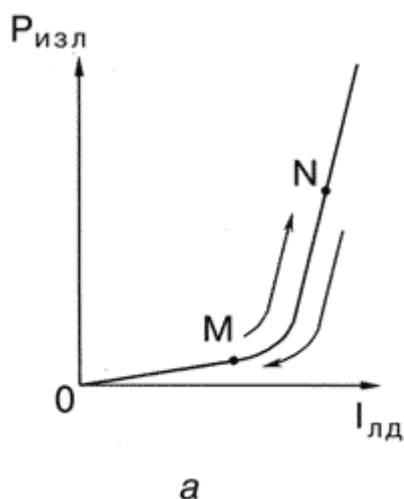


Рисунок 3.9. Діаграма керування потужністю напівпровідникового лазера в режимі цифрової модуляції.

В імпульсному режимі дії лазерного діода його робоча точка (рис. 3.9. а) фіксується на плавно-нахиленій ділянці ватт-амперної характеристики в передпороговій зоні лазера. Різке збільшення струму переводить робочу точку на стрімку ділянку характеристики (наприклад, в положення N), що гарантує збудження та інтенсивний ріст потужності лазерних коливань. Спад струму повертає робочу точку в початкове положення M та забезпечує спад лазерних коливань та різко знижує вихідну потужність лазерного випромінювання.

Отож забезпечується амплітудна модуляція за допомогою вищезгаданої методики цифрової модуляції, шляхом зміни значення сили струму, яка подається на лазер від блоку керування лазером.

3.5. Технічний контроль елементів приладу

Створені та функціонуючі модулі інтегрованого медичного опромінювача необхідно перевіряти на надійність їх дії. Для цього створюються програми експериментів та їх обробки, котрі призначені для визначення можливих похибок роботи модулів та вилучення їх з подальшої практики. Тому від вірної оцінки похибок параметрів роботи модулів подібних приладів залежить ступінь їх

надійності та можливості застосування приладів у практичних клінічних та польових умовах.

Такими параметрами, від яких залежить робота опромінювача, є потужність та довжина хвилі випромінювання, виходячи з принципу селективності впливу на біологічні структури організму.

Технологічний контроль роботи модулів опромінювача виконується за допомогою приладу ОМЗ-65 вимірювання поглинаємої оптичної потужності в діапазоні від 10^{-10} до 10^{-2} Вт з наступною обробкою вимірюваних даних для висновку про придатність до застосування у клінічних умовах (рис. 3.10).



Рисунок 3.10. Ватметр ОМЗ-65 поглинаємої оптичної потужності

Технічні характеристики ватметра ОМЗ-65:

- Діапазон довжин хвиль, потужність яких вимірює прилад - від 0,8 мкм до 1 мкм.
- Діапазон вимірюваної потужності - від 10^{-9} Вт до 10^{-2} Вт.
- Основна похибка вимірювання – не більше 15%.
- Одиниця рахунку наймолодшого ряду - 0,1 Вт.
- Час встановлення показань - не більше 5 с.
- Цифрова індикація.
- Кількість десяткових розрядів – 3,5.

Габаритні розміри та вага:

- блок індикації - 308×228×120 мм;
- перетворювач - 80×66×44 мм.
- Вага ватметра ОМЗ-65 - 4 кг.

Принцип дії оптичного ватметра ОМЗ-65 заснований на перетворенні фотодіодом потужності оптичного випромінювання в електричний сигнал, що далі підсилюється, перетворюється та індидується на цифровому індикаторі приладу за розмірністю й величиною оптичної потужності, поданої на вхід фотоприймальної головки.

Оптичний сигнал підводять на оптичний з'єднувач перетворювача приладу волоконно-оптичним світловодом, де за допомогою фотодіода оптична потужність перетворюється в електричний струм, пропорційний рівню потужності світлового потоку.

Струм фотодіода по електричному кабелю надходить на вхід перетворювача струм-напруга. Отримана напруга підсилюється до необхідного значення підсилювачем напруги й далі надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача.

У розроблюваний нами прилад для автоматизованої терапії необхідно запрограмувати сервісний режим роботи. В такому режимі можна запускати кожен лазер окремо з налаштуваннями індивідуальної потужності для кожного. Увікнувши такий режим, необхідно перевіряти всі лазери по черзі в кількох значеннях потужності на 5, 10, 15 та максимальних 20 мВт потужності. Перевірка проводиться, коли шлем не надітий на голову, і можна безпроблемно піднести датчик до лазера. При невідповідній роботі лазера від підлягає заміні.

Висновки до розділу III

На основі дослідженого та вивченого в даному розділі було запропоновано нову автоматизовану систему інтегрованої терапії дерматологічних захворювань. Розроблена її функціональна схема та детально описаний алгоритм її роботи. Дана система націлена на лікування псоріазу волосяного покриву голови. Проте враховуючи той факт, що система керується комп'ютеризованою системою можна з впевненістю говорити про універсальність даної системи і для інших профілактичних та лікувальних терапій. Це можна без проблем зробити зміною налаштувань програми.

Також в даному розділі розглянуто основні компоненти такого апарату. Наведено технічні характеристики лазерів, за допомогою яких відбувається опромінення осередків ураження. Розглянуто камеру для фотофіксації, за допомогою якою даний апарат проводить скринінг та розпізнавання осередків ураження, які потребують опромінення. Також розроблено модуль, який розгортає волосся, та забезпечує правильне положення камери для фокусу зображення, та правильне положення лазера для опромінення.

Даний розділ містить в собі поетапний опис послідовності проведення такої терапії, розрахунки енергетичної щільності та потужності опромінювання, а також розписаний режим терапії, в якому терапію проводять з модуляцією потужності та зміною часу експозиції на протязі різних днів терапії. На основі досліджень такий метод є більш ефективним аніж опромінювання з постійною потужністю та часовим режимом.

Наостанок, в даному розділі описано технічний контроль даної системи, який забезпечить відповідність реальних параметрів терапії з запрограмованими для неї значеннями.

РОЗДІЛ IV. Розробка стартап-проекту “Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань”.

4.1. Опис ідеї проекту

Стартап – це процес реалізації ідеї за короткі терміни і, як правило, при обмежених ресурсах нетипового проекту, що відрізняється новизною .

Основними ознаками стартапу є: новизна і унікальність ідеї, здатність до адаптації, коротка історія операційної діяльності, мінімальні витрати ресурсів з боку авторів, висока швидкість розвитку проекту і максимально ефективне просування компанії на ринку, наявність здатності бізнес-моделі стати масштабною на ринку, впевненість в проекті та його гнучкість, з урахуванням потреб ринку, короткостроковий період запуску проекту, здатність до адаптації, проблеми з фінансуванням Найважливішим фактором при розробці стартап проекту належить бізнес ідеї. [50]

Життя стартапу починається з формування і розвитку ідеї – нового, унікального знання, – на основі якого розробляються інноваційні продукти. Ключовим ресурсом для розвитку ідей є інтелектуальний ресурс, тому на перших етапах існування стартапи можуть швидко зростати при обмежених фінансових інвестиціях та матеріальних ресурсах.

Для розробки ефективної бізнес-моделі стартапу необхідно зробити маркетинговий аналіз, чітко визначитися з цільовою аудиторією продукту/послуги, провести аналіз їх попиту, що дозволить створити успішний механізм продажу та забезпечить постійний прибуток. На початковому етапі також дуже важливо визначитися із завданнями і зоною відповідальності кожного члена команди, щоб, в результаті, команда стартапу працювала як єдиний злагоджений механізм. Важливо розрахувати проект та зробити фінансово-економічний аналіз розвитку проекту, розглянути канали збуту [51].

Особливої уваги потребують питання, пов'язані з пошуком та залученням фінансових ресурсів для підтримки та розвитку стартапів, адже від цього залежить старт та сам життєвий цикл проекту.

Після дослідження ринку лазерних приладів для лікування псоріазу було виявлено що не пропонується автоматизованих варіантів. Проаналізовано різні методи лікування псоріазу з застосуванням лазерної терапії та вивчення загальних характеристик біологічного впливу лазерного світла. В результаті було запропоновано створення нової інтегрованої системи для лікування дерматологічних захворювань низко-інтенсивним лазерним випромінювання. Зміст ідеї та базовий потенціал системи на ринку, в межах якого необхідно знайти потенційних клієнтів описано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Пропонується апарат для проведення автоматизованої лазерної терапії при захворюванні на псоріаз	Лазеротерапія	Можливість детального дослідження впливу лазерної терапії на вражені хворобою ділянки шкіри
	Дерматологія	Більш точний аналіз кількості вражених ділянок шкіри та їх ціленаправлене опромінення.
	Біоінженерія	Можливість розробки аналогів приладу на основі запропонованого

Унікальність даного апарату полягає в його точності визначення та опромінення уражених ділянок шкіри, що враховуючи особливості лазерного випромінювання для проведення лазерної терапії, необхідно досягнення найкращого результату – ефективного лікування.

Важливим етапом при створенні стартапу є розробка інформаційної карти проекту. Інформаційна карта проекту включає: назву і авторів проекту, коротку анотацію проекту, термін реалізації і необхідні ресурси, опис проблематики, цільові групи, основні цілі і завдання проекту, кількісні якісні показники досягнення результатів, план по віхах, резюме основних виконавців, кошторис витрат і шаблон бізнес-моделі [52].

В таблиці 4.2 представлена так звана інформаційна карта проекту.

Таблиця 4.2. Інформаційна картка проекту.

1. Назва проекту	Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань
2. Автори проекту	Білецький П.В., Клочко Т.Р.
3. Коротка анотація	Дана система дозволить лікувати дерматологічні захворювання, а саме псоріаз волосяного покриву голови, методами лазерної терапії в автоматизованому процесі. Ця система є удосконаленою методикою застосування лазерної терапії. Лазеротерапія в сучасному світі широко та ефективно використовується в медичних та косметологічних закладах. Запропонована система використовує камери для автоматизованого скринінгу та виявлення осередків ураження шкіри. Весь процес лікування реєструється в комп'ютерній програмі, і відповідно його можна відслідкувати та проаналізувати
4. Термін реалізації проекту	Даний проект може бути реалізований за 24 місяці
5. Необхідні ресурси	- Ідея; - Інформаційні ресурси (доступ до електронних джерел, доступ до книжкових джерел та науково-фахових видань); - Витрати на собівартість розроблюваної системи (матеріал для 3D друку, 6 камер, 2 USB хаби, елементи кріплення, 8 діодних напівпровідникових лазерів D5-6-635-20, персональний комп'ютер, 3 крокові двигуни-датчики, планка для основи, шлейфи для з'єднань, роз'єми для з'єднань, провід, ізоляційна стрічка, припій, блок живлення, блок модуляції потужності напівпровідникових діодів); - Персональний комп'ютер; - 3D принтер - Програмне забезпечення; - Електроенергія; - Робоче приміщення (кімната, освітлення, стіл, стілець).
6. Опис проблеми, яку вирішує проект	1. Проблема не поширеного застосування ефективних методик лікування дерматологічних захворювань; 2. Недостатнє використання відносно нових напівпровідникових лазерів в лазеротерапії; 3. Неточність у використанні існуючих лазерних методик.
7. Головні цілі та завдання проекту	Створення автоматизованої системи інтегрованої терапії дерматологічних захворювань
8. Очікувані результати	1. Висока точність та якість проведення лазеротерапії 2. Автоматизована система лікування псоріазу 3. Унікальний прилад для лікування шкіряних захворювань раніше не представлений на ринку 4. Удосконалений метод лікування дерматологічних захворювань

Наступним етапом є аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї. Важливо розуміти чим відрізняється запропонована система від існуючих аналогів та замінників. Насамперед необхідно визначити перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї, встановити потенційних конкурентів або товарів-замінників чи товарів-аналогів, які вже існують на ринку, провести збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї проекту та проектів-конкурентів. Для проведення порівняльного аналізу визначаються характеристики для власної ідеї та оцінюються за такими параметрами: гірші значення (W, слабкі); аналогічні (N, нейтральні) значення; кращі значення (S, сильні) [53]. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристик и ідеї	Товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтраль на сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1 (гелій неоновий лазер)	Конкурент2 (ВЛОК)			
1.	Інвазивність методу	неінвазивний	неінвазивний	інвазивний	-	+	-
2.	Лазер	напівпровідниковий	газовий	напівпровідниковий	-	-	+
3.	Вартість приладу	висока	низька	середня	+	-	-
4.	Визначення осередків ураження	автоматизовано	вручну	вручну	-	-	+
5.	Рівномірність розподілу дози випромінювання	автоматизовано	вручну	автоматизовано	-	+	-

Для аналізу було порівняно наступні техніко-економічні характеристики: інвазивність методу, лазер, вартість приладу, визначення осередків ураження, рівномірність розподілу дози випромінювання.

Згідно таблиці 4.3 можна зробити висновок, що більшість характеристик ідеї є сильними або нейтральними сторонами, що засвідчує конкурентоспроможність

проекту. Вартість приладу пояснюється унікальністю приладу та відсутністю схожих аналогів на ринку та компенсується іншими перевагами.

Таблиця 4.4. Розподілі завдань між членами робочої команди

1. Інженер приладобудування	Генератор ідей	1. Розробка методу 2. Проведення дослідження 3. Розробка функціональної схеми 7. Пошук необхідного обладнання
2. Інженер конструктор	Виконавець	4. Розробка ТЗ 5. Креслення деталей 6. Друк елементів 8. Складання устаткування
3. IT- спеціаліст	Спеціаліст	9. Розробка програм 10. Сервісне забезпечення
4. Менеджер-маркетолог	Дипломат	11. Розробка бізнес плану 12. Аналіз ринку 13. Пошук інвесторів

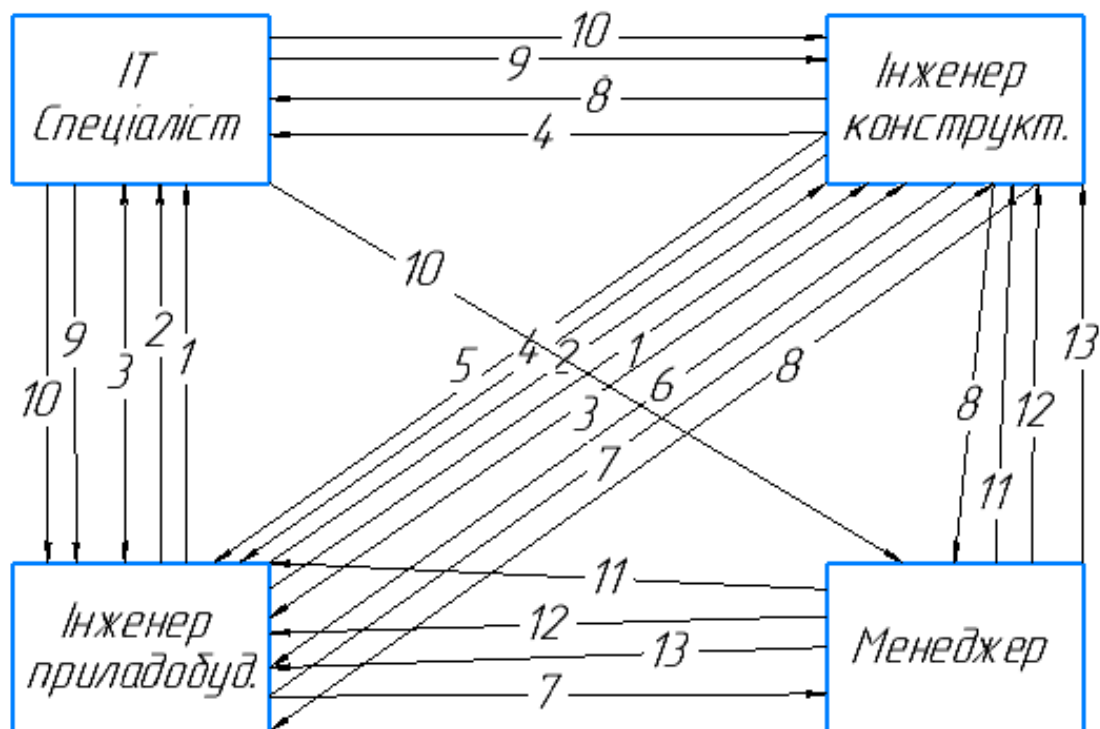


Рисунок 4.1. Схема зав'язків робочої команди

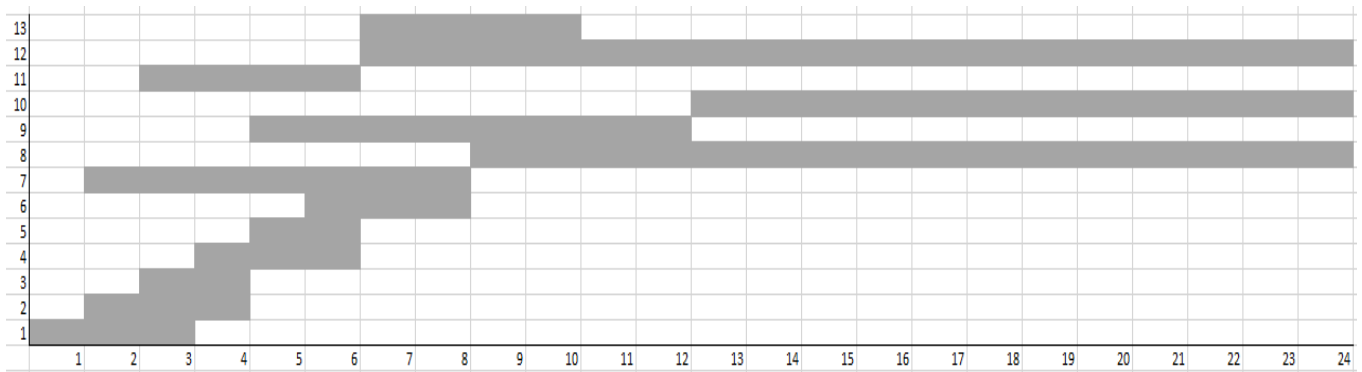


Рисунок 4.2. Тайм-лайн виконання проектного плану

В результаті роботи над проектом при коректному та рівномірному розподілі завдань між командою (рис. 4.1.) буде розроблено нову автоматизовану систему інтегрованої терапії дерматологічних захворювань. Своєчасне планування та виконання завдань (рис. 4.2.), дозволить притримуватись плану та мінімізувати фінансові та матеріальні ризики.

Скористаймося методом морфологічного ящика або ж проведемо «морфологічний аналіз», [54] шляхом проходження наступних етапів:

1. Формування чіткого бачення проблеми, що вирішується проектом.
2. Визначення основних характеристик параметрів, які дозволять вирішити заданої проблеми проекту.
3. Створення морфологічного ящика містить вирішення заданої проблеми.
4. Оцінка рішень з точки зору поставлених цілей.
5. Вибір та реалізація рішень.

Таблиця 4.2. Морфологічна карта

Основні параметри	Проміжні рішення				
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше	5-ше
Джерело випромінювання	Газові лазери	Лазери на барвниках	Лазери на парах металів	Напівпровідникові лазери	Світлодіоди
Блок модуляції	Аналогова амплітудна модуляція	Цифрова амплітудна модуляція			
Терапевтичний режим	Ручний, постійна потужність	Ручний, з модуляцією потужності	Автоматичний, постійна потужність	Автоматичний, з модуляцією потужності	
Виготовлення елементів	3D друк	Лиття	Штамповка		

Вибір оптимальної ідеї продукту. Визначення основних функцій:

- джерело випромінювання;
- блок модуляції;
- терапевтичний режим;
- метод виготовлення складових елементів досліджуваної системи;

Переваги застосування лазеротерапії в лікуванні дерматологічних захворювань:

- ефективність;
- зменшення к-сті медичних препаратів, які необхідні для процесу лікування пацієнта;
- значно довший період ремісії;
- майже відсутність протипоказань;
- можлива сумісність з іншими методами лікування.

Результати аналізу застосовуваних елементів та способів їх виготовлення чи роботи занесено до табл. 4.2. Темним кольором показано традиційні способи, світлішим – інноваційний варіант. Їх поєднання надає хороших характеристик пристрою та оптимальну ціну.

4.2. Технічний аудит ідеї проекту

Аудит технологій - важливий етап реалізації проекту. В межах даного підрозділу проведемо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту. Для визначення технологічної здійсненності ідеї проекту необхідно знайти відповіді на наступні питання: за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту? Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити? Чи доступні такі технології авторам проекту?[55]

Таблиця 4.5. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробити систему скринінгу уражених ділянок голови	Використовуємо готові камери, лишається виконати їх підключення	Технологія розроблена	Доступна

Продовження таблиці 4.5.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
2	Розробити систему механічного переміщення гребінців	Виготовити механізм з використанням крокових двигунів	Технологія розроблена, потребує допрацювань	Доступна
3	Розробити систему регуляції потужності випромінювання	Виготовити блок управління та модуляції лазера	Наявна, описана	Доступна

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що можливість для технологічної здійсненності проекту досить висока, оскільки технології, що використовуються для розробки продукту є наявні та доступні. Варто взяти до уваги, що розроблена установка є експериментальною і при впровадженні її в якості приладу потрібно буде доопрацювання.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Комплексне дослідження ринку передбачає аналіз ринкових можливостей. У ході даних досліджень вивчають особливості і перспективи розвитку попиту на товар, позиції конкурентів на ринку, динаміку цін тощо. Досліджувати ті чи інші дії на ринку є досить проблематично з визначенням закономірностей, коли не шукати наслідування, а прямувати до інновацій [56].

Для початку необхідно попередньо з'ясувати загальний стан ринку, його динаміку, обсяг продаж, визначити норму рентабельності, виявити оцінити характер обмежень для виходу на ринок. Попередня характеристика потенційного ринку представлена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Попередня характеристика потенційного ринку

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	300000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає

Продовження таблиці 4.6

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до дотримання відповідності реального значення потужності до заявленого
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	75%

Попередня характеристика потенційного ринку показала, що ринок медичного устаткування, є привабливим для входження з великим попитом споживачів на продукцію, середня норма рентабельності більша ніж банківський відсоток і відносна відсутність обмежень для входу. Можемо зробити висновок, що прилад для ринку є привабливим за умови до дотримання відповідності реального значення потужності приладу до заявленої.

Наступним кроком є визначення потенційних групи клієнтів, окреслення їх характеристик, та формування орієнтованого переліку вимог до товару для кожної групи споживачів.

Для нашого приладу характеристика потенційних клієнтів представлена в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Автоматичне визначення осередків ураження	Лікувально-профілактичні, медичні установи; науково-дослідні установи, косметологічні заклади	• Доступність; • Точність; • Легкість у використанні; • Особливості лікувального впливу; • Рентабельність	• Випробувана продукція (клінічні/доклінічні дослідження); • Високий рівень сервісу
2	Рівномірність розподілу лазерного випромінювання по осередкам ураження	Лікувально-профілактичні, медичні установи; науково-дослідні установи, косметологічні заклади	• Гарантійні зобов'язання • Належний рівень сервісу • Рентабельність	• Запатентована методика; • Доказова база; • Компанія з відомим ім'ям

Продовження таблиці 4.7.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
3	Можливість комбінувати різні типи лазерного випромінювання	Особи зацікавлені у біофізичних дослідженнях, лікувально-профілактичні, медичні установи; науково-дослідні установи, косметологічні заклади	• Швидкість отримання результатів; • Особливості експлуатації; • Особливості лікувального впливу;	• Запатентована конструкція; • Доказова база; • Належний рівень технічного обслуговування

На основі аналізу основних вимоги потенційних клієнтів приладу, можна зробити висновок, що запропонований прилад може не лише задовільнити їх базові потреби, а й володіє багатьма додатковими параметрами. Основна аудиторія яка зацікавлена є медичні клініки, що працюють в напрямку лікування дерматологічних захворювань.

Дослідивши потенційні групи клієнтів проведемо аналіз ринкового середовища. Визначимо основні фактори загроз та можливостей проекту, їх зміст та спрогнозуємо ймовірні дії для їх усунення. Дані аналізу подані в таблицях 4.8 та 4.9.

Таблиця 4.8. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція на ринку	Зменшення продажу	Маркетингові акції, збільшення реклами
2	Складність у використанні	Зменшення продажу	Проведення навчання по експлуатації обладнання
3	Зниження попиту на продукцію	Неактуальність товару	Зменшення ціни товару, маркетингова діяльність

Згідно таблиці 4.8 основними факторами загроз є зниження попиту на продукцію, конкуренція на продукцію та складність у використанні. Найбільшу загрозу складає конкуренція на ринку, так як є чимало товарів аналогів, які використовуються для лікування в даному напрямку. Проте всі вони працюють в ручному режимі. Наступним фактором по значенню є складність у використанні, яка обумовлена багатьма налаштуваннями автоматизованого процесу. Задля

подолання даної загрози пропонується проведення навчання по експлуатації обладнання.

Таблиця 4.9. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Актуальність захворювання	Збільшення попиту	Збільшення одиниць товару, впровадження модифікацій товару.
2	Розвиток лазеротерапії	Лазеротерапія як альтернатива медикаментозного лікування	Підвищення ціни товару.
3	Відсутність аналогів на ринку	Автоматизовані системи як особливість приладу	Підвищення попиту та ціни
4	Зростання рівня доходів населення	Збільшення кількості продажів, підвищення ціни	Збільшення одиниць товару, підвищення ціни.

Основними факторами можливостей є актуальність захворювання, розвиток лазеротерапії, відсутність аналогів на ринку та зростання рівня доходів населення. Згідно офіційної статистики псоріазом хворіє більше 3% населення, проте фактичні дані можуть бути більшими. Це підтверджує актуальність приладу на ринку, та зі зростанням розповсюдженості лазеротерапії попит на даний прилад буде дедалі підвищуватися.

Важливим кроком є аналіз конкуренції на ринку та визначимо загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 4.10).

Таблиця 4.10. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Чиста конкуренція	Ціну формує ринок, ані продавці, ані покупці не мають на неї впливу	Спроби зменшити собівартість товару
2. Національна конкуренція	Конкурують компанії однієї країни	Пошук постійних клієнтів, виробництво високовартісних приладів під замовлення
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкуренція в межах галузі медичного приладобудування	Постійне вдосконалення приладів та методів

Продовження таблиці 4.10.

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між лазерними терапевтичними приладами.	Підвищення якості та точності приладів
5. Нецінова конкуренція	Пошук нових ефективних рішень між компаніями конкурентами	Покращення технічних характеристик приладу
6. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження цін на товар; Створення власної торгової марки

Згідно ступеневого аналізу конкуренції для стійкості компанії на ринку необхідно постійно шукати методи вдосконалення приладу, покращувати його якість, здійснювати пошук та співпрацю з постійними клієнтами. Найскладнішим є вихід на ринок під новою торговою маркою. Аби закріпитися на ринку необхідно мати переконливі переваги товару над товарами-конкурентами.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера) (табл. 4.11).

Таблиця 4.11. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	НМЦ «Мединтех»; Лазмик	Високий бар'єр входу в ринок	Концентрація постачальників	Розмір закупівель, система інформації	Фактори загроз з боку замінників є.
Висновки	Неінтенсивний	Є можливості входу в ринок. Є потенційні конкуренти. Строк виходу на ринок орієнтовно два роки.	Вартість товару постачальника, умови поставки.	Умови експлуатації та якість продукції	Відсутнє

З таблиці 4.11 можна зробити висновок, що в завдяки низької інтенсивності конкуренції є можливість роботи на ринку. Для забезпечення конкурентоспроможності проекту важливо досягнути певних факторів. Для прикладу це доступна ціна або принципова відмінність, що в нашому випадку – автоматизація процесу терапії та скринінгу.

На основі аналізу конкуренції, та враховуючи характеристики ідеї проекту, вимоги споживачів до товару та фактори маркетингового середовища визначимо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 4.12. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Автоматизоване визначення осередків ураження	У розробленій системі перед проведенням терапії проводиться фотоскринінг за допомогою якого автоматизовано визначаються осередки ураження що потребують опромінення
2	Рівномірний та автоматизований розподіл випромінювання	Забезпечує рівномірний розподіл потужності лазерного випромінювання по всіх осередках ураження
3	Використання напівпровідникових діодів	Збільшує надійність та ефективність приладу
4	Використання комп'ютеризованої системи управління	Дає можливість керувати різними налаштуваннями приладу
5	Універсальність приладу	При зміні налаштувань системи керування можна проводити профілактичні та лікувальні терапії інших захворювань

На основі аналізу, таблиці 4.12 зробимо наступні висновки, завдяки комп'ютерній системи керувань, яка використовується в даному приладі отримуємо можливість проводити автоматизовані терапії, скринінг та перелаштовувати систему під інші захворювання та профілактичні терапії що в своєму роді робить цей прилад унікальним та універсальним, а відповідно конкурентоспроможним.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.12) проведемо аналіз сильних та слабких сторін.

Таблиця 4.13.Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Лазмик»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Автоматизоване визначення осередків ураження	20						+	
2	Рівномірний та автоматизований розподіл випромінювання	18					+		

Продовження таблиці 4.13.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Лазмик»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
3	Використання напівпровідникових діодів	11				+			
4	Використання комп'ютеризованої системи управління	18					+		
5	Універсальність приладу	16				+			

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін показав що запропонований прилад є конкурентоспроможним відносно товарів конкурентів. Найсильнішими сторонами є автоматизоване визначення осередків ураження, рівномірний та автоматизований розподіл випромінювання та використання комп'ютеризованої системи управління.

SWOT-аналіз - це аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища організації. Аналізу підлягають сильні сторони (Strength), слабкі сторони (Weakness) внутрішнього середовища, а також можливості (Opportunities) і загрози (Threats) зовнішнього середовища організації.

Проаналізувавши кожен з чотирьох розділів матриці SWOT-аналізу, можна спланувати подальші свої дії: наприклад план по використанню внутрішніх переваг компанії і її положення на ринку або план з нейтралізації слабких місць роботи компанії і відходу від зовнішніх загроз [57].

Матриця SWOT-аналізу представлена в таблиці 4.14

Таблиця 4.14. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Використання напівпровідникового лазера Визначення осередків ураження Рівномірність розподілу дози випромінювання Універсальність приладу Використання комп'ютеризованої системи управління	Слабкі сторони: Початківець на ринку Складність реалізації Складність в експлуатації Відсутність клінічних випробувань
Можливості: Пошук постійних клієнтів (мережі клінік) Вдосконалення вже існуючого продукту Модифікація існуючих апаратів та створення нових;	Загрози: Збільшення конкуренції Зниження доходів потенційних споживачів; Розвиток фармакологічних методів лікування

Згідно матриці SWOT- аналізу бачимо що проект має значну кількість сильних сторін порівняно зі слабкими сторонами, що є значною перевагою.

Слабкими сторонами є складність реалізації приладу, складність в експлуатації та вихід на ринок. Для подолання фактору складності в експлуатації необхідно проводити навчання працівників дотичних до проведення лазеротерапії. Як варіант проведення курсів, онлайн-навчання, видання інструкція по експлуатації приладу. Основними загрозами є збільшення конкуренції, зниження доходів потенційних споживачів та розвиток фармакологічних методів лікування. Задля уникнення даних загроз варто постійно працювати над вдосконаленням приладу, аналізувати ринок, слідкувати за новими тенденціями та новинками на ринку.

Наступним етапом є визначення альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту. Проаналізуємо їх з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів. Результати наведені в таблиці 4.15

Таблиця 4.15. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Можливість виготовлення видозмінених приладів з унікальними параметрами та властивостями під замовлення клієнта	Отримання результатів є більш ймовірним, оскільки клініки зацікавлені в наданні унікальних послуг клієнтам	0,5 роки
2	Гнучка система цін для мереж клінік при замовленні від 2-х і більше одиниць	Ймовірність висока, при умові налагодження партнерської співпраці з клініками	0,5 роки
3	Проведення персональної реклами клінікам, косметологічним закладам та участь у виставках медичної техніки	Ймовірність не висока, адже товар є новим на ринку та ціна реалізації вище аналогів	1 рік

Згідно таблиці 4.15. запропоновано альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту. Найкращою серед запропонованих є можливість виготовлення

видозмінених приладів з унікальними параметрами та властивостями під замовлення клієнта з строком реалізації 0, 5 роки.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Для досягнення максимальних результатів з просування товарів і утвердження позицій на ринку, необхідно скласти детальний план компанії з використання наявних ресурсів та залучення додаткових ресурсів, а точніше маркетинговий план (стратегію). Для формування стратегії необхідно обрати цільові групи споживачів товару (табл. 4.16) та визначити базову стратегію розвитку (табл. 4.17.).

Таблиця 4.16. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Медичні установи усіх форм власності	Готові, за умови наявності доказової бази та дозвільних документів	Високий	Висока	Без обмежень
2	Науково-дослідні установи, зацікавлені у біофізичних дослідженнях	Готові, за умови наявності доказової бази	Середній	Низька	Без обмежень
3	Косметологічні заклади	Готові	Високий	Висока	Без обмежень
Які цільові групи обрано: клініки, лікарні, косметологічні заклади					

З підсумку результатів аналізу потенційних груп споживачів попит виникає від медичних та косметологічних закладів. Медичні установи є зацікавлені в автоматизації, рівномірності та додаткових можливостях лікування. Для косметологічних закладів найбільша цікавість в представленому приладі є точності та зручність обробки отриманих результатів.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.17).

Таблиця 4.17. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Можливість виготовлення видозмінених приладів з унікальними параметрами та властивостями під замовлення клієнта	Стратегія диференційованого маркетингу	Особливість розробленої системи	Стратегія спеціалізації

Для базової стратегії розвитку обрано стратегію спеціалізації з можливістю виготовлення видозмінених приладів з унікальними параметрами та властивостями під замовлення клієнта, це покращить входження нового товару на ринок і буде ефективніший спосіб залучення більшої кількості покупців і завоювання великої частки ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.18).

Таблиця 4.18. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопроходцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Частково продукція є першопроходцем на ринку.	Буде забирати існуючих споживачів у конкурентів та шукати нових	Компанія не буде копіювати конкурентів.	Стратегія заняття конкурентної ніші

Для конкурентної стратегії було обрано стратегію заняття конкурентної ніші, що полягає в обранні одного або декількох ринкових сегментів.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробимо стратегію позиціонування.

Позиціонування - це розробка пропозиції, які спрямовані на формування або закріплення конкурентної позиції товару на певному ринку. Позиція бренду

повинна бути чітко сформульованою і непохитною. Головна ціль позиціонування – диференціюватися на тлі конкурентів, і зміцнити власні позиції.

Таблиця 4.19.Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Автоматичне визначення осередків ураження; Рівномірність розподілу лазерного випромінення по осередкам ураження; Можливість комбінувати різні типи лазерного випромінення	Стратегія спеціалізації	Унікальність розробленої системи	Висока якість, своєчасне виконання, індивідуальний підхід

Конкурентоспроможними особливостями проекту є автоматичне визначення осередків ураження, рівномірність розподілу лазерного випромінення по осередкам ураження та можливість комбінувати різні типи лазерного випромінення. Можливість виготовлення видозмінених приладів з унікальними параметрами та властивостями під замовлення клієнта зробить компанію унікальною на ринку та зацікавить більше коло клієнтів.

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

При розробці маркетингової програми стартап-проекту для початку необхідно сформувати маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього визначаємо ключові переваги концепції товару (табл. 4.20.) та аналізуємо три рівні товару моделі товару з оцінкою рівня захищеності від копіювання (табл. 4.21).

Таблиця 4.20. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Захист від копіювання	Запатентована методика та пристрій.	Запатентований пристрій
2	Автоматизованість	Автоматичне визначення осередків ураження	Наявність етапу автоматизованого скринінгу, згідно якого програмно розпізнаються осередки ураження
3	Точність	Рівномірність розподілу лазерного випромінювання по осередкам ураження	Так як процес автоматизований, то система рівномірно та автоматично розподіляє потужність опромінення по осередкам ураження
4	Універсальність	Можливість комбінувати різні типи лазерного випромінювання	Комп'ютеризована система керування дозволяє змінювати широкий спектр режимів роботи, а відповідно робить дану систему універсальною у застосуванні різних дерматологічних захворювань

В результаті формування даної таблиці було визначено ключові переваги концепції потенційного товару. Для його захисту від копіювання необхідно його запатентувати.

Надалі розробляємо трирівневу маркетингову модель товару: визначимо ідею продукту, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.21).

Таблиця 4.21. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована система для лазерної терапії дерматологічних захворювань		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Скринінгова система.	Нм	Тх
	2. Лазерне випромінювання.	Нм	Тх
	3. Система керування.	Нм	Е
	4. Технічний контроль	Нм	Тх
	Якість: забезпечується шляхом виконання технічного контролю, описаний у 3му розділі даної роботи		
	Пакування: коробка з гофрокартону.		
	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань		

Продовження таблиці 4.21.

Рівні товару	Сутність та складові
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість аналізу та виключення помилкових результатів.
	Після продажу: можливість розробки нових та модифікованих автоматизованих систем інтегрованої терапії дерматологічних захворювань.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок патентування	

Наступним кроком визначимо цінові межі, які необхідно враховувати для встановлення ціни на потенційний товар. Остаточне визначення рівня ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту. Для цього проведемо аналіз цін товарів-аналогів, а також проведемо аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.22). Даний аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 4.22. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Апарат Лазмик-профи 32000 грн	20000-60000 грн.	20000/40000 грн.

Провівши аналіз ринку визначимо межі встановлення ціни: 20000 грн – мінімальна та 40000 грн максимальна. Встановлювати ціну нижче 20000 грн не рентабельно, виходячи з собівартості системи, більше 40000 грн – невідповідно до обраної стратегії конкурентної поведінки.

Визначимо оптимальні системи збуту, згідно яких прийматимемо наступні рішення, та внесемо ці дані до таблиці 4.23.

Таблиця 4.23. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтація на регулярні поставки	Встановлення контактів із споживачами та їх технічна підтримка. Формування попиту і стимулювання збуту. Дослідницька робота зі збору маркетингової інформації. Зменшення витрат в ході збуту продукції.	Нульовий рівень – канал прямого маркетингу	Посилкова торгівля.

При визначенні системи збуту було обрано систему каналу нульового рівня – канал прямого маркетингу. В такому випадку продаж відбувається без посередника, в даній галузі це є перевагою. Оскільки з огляду на специфіку галузі використання об'єми поставок будуть частково малі, і необхідна технічна підтримка та індивідуальність налаштувань. Також для більш дієвого збуту потрібно встановити контакти із споживачами на початкових етапах з ціллю підвищення довіри до фірми. Це слугуватиме хорошою основою для подальших домовленостей та проведення регулярних поставок.

Наступною та заключальною складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій (табл. 4.24). Маркетингова комунікація являє собою інтегрований набір засобів комунікації, що застосовується для передачі повідомлень від виробника або продавця продукції до його цільових ринків. Модель процесу комунікації можна представити як взаємодію п'ятих елементів: відправник — хоче донести свою ідею чи концепцію до споживача; одержувач інформації — споживач, якому адресовано повідомлення; повідомлення — відповідний код, група символів, що уособлюють інформацію для передачі; канал зв'язку — засіб, за допомогою якого відбувається передача повідомлення; петля зворотного зв'язку — забезпечує контроль успішності передачі повідомлень, дає змогу виявити, чи було досягнуто розуміння.

Таблиця 4.24. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні та неформальні канали комунікацій	Автоматизований процес скринінгу та терапії; Універсальність системи; Точність та рівномірність проведення терапії	Інформування споживачів; Розвиток попиту; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів;	Даний продукт є інноваційним та унікальним завдяки автоматизованому процесу

Для пошуків цільової аудиторії та донесення до неї інформації є необхідність у виступах в наукових конференціях, участь у профільних виставках, де формально та неформально можна пояснювати принцип роботи розробленої автоматизованої системи інтегрованої терапії дерматологічних захворювань.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ IV

Розділ “Розробка стартап-проекту” в магістерській дисертації має важливе значення. При його написанні було проведено багато різних аналізів, які дозволяють дати економічну та технічну оцінку для розроблюваної системи. При реалізації розробленої системи такий маркетинговий аналіз є дуже важливим, аби при виході на ринок бути готовим, до можливих загроз зі сторони ринку та конкурентів. Розвиток від стартапу до реалізації його в готовий продукт є базовим в будь-якому процесі. Такий аналіз дає можливість оцінити свої сильні та слабкі сторони, можливості та загрози, та мінімізувати втрати та ризики. Також важливим є правильність формування команди, розподіл обов’язків між її членами та збалансованість роботи. Лише такі умови призводять до успішної реалізації стартап проектів.

Даний проект є достатньо конкурентоспроможний для виходу на ринок, враховуючи низьку інтенсивність конкуренції. Він якісно відрізняється від проектів-конкурентів, має достатню кількість сильних сторін та є конкурентоспроможним. Складність реалізації компенсується унікальністю, яка полягає в автоматизації системи інтегрованої терапії дерматологічних захворювань.

Розділ є завершальною частиною магістерської дисертації і виконується у вигляді оцінювання можливостей та формування заходів із ринкового впровадження інноваційних пропозицій.

ВИСНОВКИ

Дослідження та розробки виконані в магістерській дисертації спрямовані на істотне вдосконалення та полегшення проведення лазерної терапії при лікуванні дерматологічних захворювань:

1. Вивчено особливості лазерного випромінювання, та його характеристики. Розглянуто принцип біологічної дії при опроміненні шкірного покриву людського організму. Зафіксовано позитивний лікувальний та профілактичний вплив НІЛВ на біологічну тканину, що підтверджує актуальність використання лазерних терапій в лікуванні дерматологічних захворювань.

2. Розглянуто детально таке захворювання як псоріаз та порушення нормальних процесів в організмі при перебігу такої хвороби. Вивчено методи лікування, серед яких особливо детально досліджено методи лазеротерапії. Встановлено чимало переваг лазерної терапії в порівнянні з іншими, базовими методами лікування псоріазу: сумісність з іншими методами, зменшення фармакологічних препаратів, майже відсутність протипоказань, ефективність, тривалість ремісії та ін.

3. На основі дослідженого запропоновано нову автоматизовану систему інтегрованої терапії дерматологічних захворювань. Основна перевага такої системи над аналогами – автоматизованість процесу. Це забезпечує точний розподіл та точне значення потужності опромінювання по всіх осередках ураження волосяного покриву голови. Розроблено функціональну схему такого апарату та представлено його детальний опис, розглянуто деякі компоненти, які є принципово важливими. Розписано алгоритм таких процедур та режим опромінювання.

4. Розроблено стартап-проект «Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань». Тут було показано маркетинговий аналіз можливості реалізації даного приладу: відбору ідей, аналізу потенційних техніко-економічних переваг ідеї, створенню концепції продукту, визначення перспектив ринкової реалізації проекту, визначення попереднього кола конкурентів та розроблення маркетингової стратегії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. АХМ Дастжерди, ТР Ключко, ВФ Рассохин, Физиотерапевтический метод комплексного воздействия на рубцовые ткани, Вісник НТУУ «КПІ». серія приладобудування. -2006. – Вип. 32. – С. 140-147.
2. Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Ключко. Польові структури біотехнічних систем: монографія. К.: НТУУ «КПІ», 2013. 384 с. (В https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32643/1/Pol_Str.pdf)
3. А.Х.М. Дастжерді, В.І. Скицюк, Т.Р. Ключко, С.І. Голопура, Стимуляція регенерації біологічних структур випромінюванням фізіотерапевтичних приладів серії «ПРОМІНЬ», Фотобіологія та фотомедицина, № 3(4), с. 102-105, 2010.
4. Дастжерді А.Х.М., Ключко Т.Р., Ткаченко С.М. Метод комплексного лазерофорезу при лікуванні рубцевих утворень та відкритих ран // ВІСНИК НТУУ «КПІ». серія приладобудування. -2007. – Вип. 34. – С. 148-154
5. Дастжерді А.Х.М., Ключко Т.Р., Голопура С.І., Колесник В.Я., Тимчик Г.С., Дослідження стимуляції захисних функцій організму інтегрованим електромагнітним випромінюванням Вісник НТУУ „КПІ”. Серія приладобудування. – 2008. – Вип.35. – с. 154-160
6. Дастжерді А.Х.М., Ключко Т.Р., Коваленко Є.О., Карпова І.С., Гетьман К.І., Сащук О.В., Підгорський В.С., Вплив режимів світлового електромагнетного випромінювання на еритроцити барана // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2008. – Вип.36. – С.143-150.
7. Ключко Т.Р., Грибанова І.О., Скицюк В.І., Дастжерді А.Х.М. ІНТЕГРОВАНА ФОТОРЕГЕНЕРАЦІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ТКАННИ ПРИ ПОРУШЕННЯХ ЇЇ СТАНУ, Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2018. - Вип. 55(1).
8. Tatiana Klotchko, Taras Polishchuk, Makar Makarov, Complex of diagnostics and recovery of the human's functional state at increased physical load, Proc. of the XVIII Intern. scientific and technical conference INSTRUMENT MAKING: state and prospect, 15-16 May 2019, Kyiv, IMF of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, pp. 138-139, 2019.

9. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии / С.В. Москвин. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 2. – М.–Тверь: ООО «Изд-во «Триада», 2014. – 896 с.

10. Гейниц А.В., Москвин С.В. Лазерная терапия в косметологии и дерматологии. - М. - Тверь: Издательство «Триада», 2010. - 400 с.

11. М. Ф. Терещенко Дослідження впливу лазерного випромінювання на температурні процеси в біологічних тканинах / М. Ф.Терещенко, Г. С. Тимчик, О. Г. Ляшенко, О. С. Гнатейко. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2015. – №49. – С. 153–158.

12. Врачи Москвы // Медицинская энциклопедия, 2010 -. - Режим доступа: <https://vrach-russia.ru/med-ehnciklopediya/psoriaz/>, вільний. - Псориаз. (10.11.2020).

13. Кубанов А.А., Карамова А.Э., Знаменская Л.Ф., Чикин В.В., Кондрашова В.В. Индекс PASI (Psoriasis Area and Severity Index) в оценке клинических проявлений псориаза // Вестник дерматологии и венерологии 2016; (4): 33—38.

14. М. О. Дудченко /Шкірні та венеричні хвороби: підручник. – Вінниця: Нова книга, укр., 2008. – 240 с.

15. М. Б. Шегедин, Т. О. Нужна / Дерматологія, венерологія та клінічна оцінка результатів лабораторних досліджень: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів I-III рівнів акредитації. - К. : Медицина, 2010. - 502 с.

16. Адырхаев, А.Г. Клиническое и экспериментальное применение новых лазерных технологий: материалы междунар. конф. / А.Г. Адырхаев [и др.].– Казань, 1995.– С. 146–147.

17. Карякина, Л.А. Влияние лазерного излучения на метаболические процессы у больных псориазом /Л.А. Карякина [и др.] // Тезисы научных работ VIII Всероссийского съезда дерматовенерологов.– М., 2001.– Ч.1.– С. 133–134.

18. Волошин, Р.Н. Лазеротерапия больных псориазом / Р.Н. Волошин // Тезисы докладов Всесоюзной конференции по применению лазеров в медицине.– М., 1984.– С. 149–156.

19. Герцен, А.В. Дерматологический аспект воздействия на ткани низкоэнергетического лазерного излучения / А.В. Герцен, И.М. Корсунская, Е.А. Василевская // Экспериментальная и клиническая дермато-косметология.– 2006.– № 1.– С.4–5
20. Графчикова. Физическая медицина / Графчикова [и др.].– 1994.– Т. 4, № 2.– С. 62.
21. Дадабаев, Р. ИК–лазеротерапия псориаза / Р. Дадабаев, Т. Шукуров // Тезисы докладов VIII Всероссийского съезда дерматовенерологов.– М., 2001.– Ч. 1.– С. 81.
22. Жуков, Б.Н. Лазерные технологии в медицине / Б.Н. Жуков, Н.А. Лысов, В.И. Анисимов.– Самара, 2001.– 224 с.
23. Бабаянц, Р.С. К применению лазеров с малой мощностью излучения при некоторых дерматозах / Р.С. Бабаянц [и др.] // Вестник дерматологии и венерологии.– 1974.– № 4.– С. 7–13.
24. Корепанов, В.И. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в дерматологии : практическое рук–во / В.И. Корепанов, С.М. Федоров, В.А. Шульга.– М., 1996.– 54 с.
25. Корсун, В.Ф. Лечение и реабилитация больных псориазом / В.Ф. Корсун.– М., 1991.– 127 с.
26. Кочергин, Н.Г. Последние тренды в лечении псориаза / Н.Г. Кочергин, Л.М. Смирнова // Лечащий врач.– 2011.– № 5.– С. 1–3.
27. Кубанова, А.А. Псориаз: клинические рекомендации / А.А. Кубанова.– М., 2008.– 56 с.
28. Кубылинский, А.А. Динамика основных показателей ПОЛ, нейтрофильных лейкоцитов у больных различными формами псориаза под воздействием надвенозного лазерного излучения / А.А. Кубылинский // Тезисы научных работ VIII Всероссийского съезда дерматовенерологов.– М., 2001.– Ч. 1.– С. 120.
29. Курдина, М.И. Биологические модификаторы иммунного ответа при псориазе (сравнительный анализ эффективности и безопасности) / М.И. Курдина,

Н.В. Анофриева // Российский журнал кожных и венерических болезней.– 2007.– № 5.– С. 62–67.

30. Москвин, С.В. Лазерная терапия в педиатрии / С.В. Москвин [и др.]– М., 2010.– 480 с.

31. Маркович, Р.С. Лазеротерапия больных хроническими дерматозами / Р.С. Маркович, М.П. Маясс // Всесоюзная конференция по применению лазеров в медицине. Тезисы докладов.– М., 1984.– С. 151–153.

32. Москвин, С.В. Эффективность лазерной терапии / С.В. Москвин.– М., 2003.– 256 с.

33. Никитин, А.В. Низкоинтенсивное лазерное излучение в практической медицине / А.В. Никитин, И.Э. Есауленко, Л.В. Васильева.– Воронеж, 2000.– 192 с.

34. Юцковский, А.Д. Об эффективности полиненасыщенных жирных кислот в комбинированной амбулаторной терапии псориаза / А.Д. Юцковский [и др.] // Вестник дерматологии и венерологии.– 1999.– № 1.– С. 29.

35. Сосновский, А.Т. Применение газовых лазеров малой мощности для лечения кожных заболеваний / А.Т. Сосновский [и др.] // Здоровоохранение Белоруссии.– 1985.– № 10.– С. 61–62.

36. Ракчеев, А.П. Эффективность низкоинтенсивного лазерного излучения и его влияние на иммунные комплексы, показатели калликреин–кининовой системы и сиаловые кислоты при лечении больных псориазом / А.П. Ракчеев, Р.Н. Волошин, В.А. Самсонов // Вестник дерматологии.– 1986.– № 2.– С. 8–10.

37. Лещенко, В.М. Состояние микроциркуляторного русла кожи ногтевого валика пальцев кистей и конъюнктивы глазного яблока у больных псориазом с поражением ногтей в процессе лазеротерапии / В.М. Лещенко [и др.] // Вестник дерматологии.– 1991.– № 4.– С. 21–25.

38. Шахова, А.С. Сравнительный анализ эффективности низкоинтенсивного лазерного излучения и пува–терапии в лечении псориаза / А.С. Шахова [и др.] // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация.– 2010.– № 4.– С. 16–20.

39. Утц, С.Р. Низкоинтенсивная лазеротерапия в дерматологии / С.Р. Утц, В.А. Волнухин.– Саратов, 1998.– 96 с.

40. Филиппов, Н.Е. // Физическая медицина.– 1994.– Т. 4, № 2.– С. 54.

41. Чичук, Т.В. Свободнорадикальные механизмы стимулирующего действия низкоинтенсивного лазерного излучения / Т.В. Чичук, И.А. Страшкевич, Г.И. Клебанов // Вестник Российской академии медицинских наук.– 1999.– № 2.– С. 27–32.

42. Шахматов, Д.А. Применение внутрисосудистого лазерного облучения крови у больных псориазом / Д.А.Шахматов, А.П. Ракчеев //Сборник научных трудов.–М., 1991.– С.377.

43. Шахматов, Д.А. Применение лазеров в комплексной терапии псориаза / Д.А. Шахматов // Актуальные вопросы дерматологии и венерологии : сб. науч. работ.– Екатеринбург, 1993.– С. 53–57.

44. Шубина, А.М. Лазерная и фотодинамическая терапия псориаза / А.М. Шубина, М.А. Каплан // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация.– 2004.– № 2.– С. 31–33.

45. Шульга, В.А. Сообщение на заседании специалистов по лазерной медицине / В.А. Шульга.– Запорожье, 1994.

46. Bakassy, Z. Carbon dioxide laser vaporization of plaque psoriasis / Z. Bakassy, B. Astedt // Br. J. Dermatol.–1986.– Vol. 114, N 4.– P. 489–492.

47. Bakassy, Z. Laser surgery for psoriasis / Z. Bakassy, B. Astedt // Lancet.– 1985.– Vol. 2, № 8457.– P. 725.

48. Harison, P. Trauma for psoriasis / P. Harison, G. Walker, J. Davies // Lancet.– 1985.– N 8463.– P. 1063.

49. Москвин, С.В. Комбинированная лазерная терапия больных псориазом / С.В. Москвин, С.Р. Утц, Д.А. Шнайдер // Вестник новых медицинских технологий – 2015 – Т. 22, № 4 – С. 99-103.

50. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / [О. А. Гавриш, С. О. Солнцев, В. В. Дергачова та ін.]. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 27 с.

51. Кофанов О. Є. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ СТАРТАП-ПРОЕКТІВ НА ПРОМИСЛОВОМУ РИНКУ / О. Є. Кофанов, О. В. Зозульов. // Економічний простір. – 2016. – №115. – С. 202–2011.

52. Поліщук В. В. «СТАРТАП ПРОЕКТИ ТА ЇХ ОЦІНЮВАННЯ» Конспект лекцій / В. В. Поліщук. – Ужгород, 2016. – 74 с.

53. Купер, Б. Стартап вокруг клиента: как построить бизнес с самого начала / пер. с англ. В. Кулаевой / Б. Купер. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2011. - 151с.

54. МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ [Електронний ресурс] // WIKI. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://groupdynamics.kspu.edu/wiki/a/11>.

55. Маллинс, Дж. Поиск бизнес-модели : как спасти стартап, вовремя сменив план / Дж. Маллинс, Р. Комисар ; пер. с англ. М. Пуксант и Е. Бакушевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 329 с.

56. Розробка маркетингової стратегії [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://polkaknig.com.ua/article.php?book=536&article=26841>.

57. БАЗОВА СТРАТЕГІЯ КОНКУРЕНЦІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ РИНКОВИХ ЦІН [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/23179/>.

ДОДАТОК А

«Акт використання результатів
магістерської дисертації»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Декан приладобудівного факультету
 _____ Григорій ТИМЧИК

«___» _____ 2020 р.

АКТ

впровадження в науково-дослідну роботу результатів магістерської
 дисертації

«Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань»

Роботу виконано студентом II курсу КПІ ім. Ігоря Сікорського,
 ПБФ гр. ПБ-92м
 Білецьким Павлом Васильовичем

В організації «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ПБФ, кафедра виробництва
 приладів.

Матеріали магістерської дисертації включено до:

1. Звітів науково-дослідних робіт кафедри виробництва приладів КПІ ім.
 Ігоря Сікорського, а саме:

– НДР «Створення фундаментальних принципів комп'ютерно-
 інтегрованої діагностики стану біотехнічних об'єктів»,
 ДР 0116U006058 – в якості прикладів створення принципів систем
 діагностики та лікування.

2. Лекційного матеріалу дисциплін «Фізіотерапевтична апаратура»,
 «Оптичні медичні прилади» (для заочної форми навчання) у частині
 схемотехнічних рішень побудови інтегрованих систем фізіотерапії.

Голова комісії: _____ доцент, к.т.н. Марина ФІЛІПОВА

Члени комісії:  _____ ст. н.с., к.т.н. Володимир СКИЦЮК

 _____ доцент, с.н.с., к.т.н. Тетяна КЛОЧКО

ДОДАТОК Б

«Список наукових та навчально-
методичних праць»

Список

наукових та навчально-методичних праць

Білецького Павла Васильовича

№ п/п	Назва (мовою оригіналу)	Вихідні данні	Обсяг друк. стор.	Співавтори
1	2	3	4	5
1	Інтегрована стимуляція імунітету пацієнта при знижених функціях організму (стаття у фаховому виданні)	Збірник праць XIII науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, 2020, с. 187-189.	3	Клочко Т.Р.
2	Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань (стаття у фаховому виданні)	Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ”, 08-09 грудня 2020 р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – с. 256-259.	4	Клочко Т.Р.

Автор

Білецький П.В.

Список засвідчую

Декан ПБФ НТУУ «КПІ»

д.т.н., проф.

Тимчик Г.С.

ДОДАТОК В

«Презентація»

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет. Кафедра виробництва приладів

СИСТЕМА ІНТЕГРОВАНОЇ ТЕРАПІЇ ДЕРМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Автор роботи:

Студент групи ПБ-92 мп

Білецький Павло

bill2010r@gmail.com

Науковий керівник:

к.т.н., доц. каф. виробництва приладів, с.н.с. Клочко Т.Р.

Київ - 2020

2

Актуальність роботи

Проблема псоріазу набула сьогодні особливої актуальності, враховуючи значне поширення цієї недуги. Псоріаз (лускатий лишай) - хронічне шкірне захворювання неінфекційного походження.

Завдання дослідження

- 1. Дослідити особливості низькоінтенсивного лазерного опромінення та його біологічний вплив на шкірний покрив та організм в цілому.
- 2. На основі існуючих методів застосування лазерної терапії при лікуванні псоріазу показати ефективність таких методик на прикладі лікування псоріазу.
- 3. Обґрунтувати вибір елементної бази та програмно-апаратних засобів для ефективнішого застосування систем інтегрованої терапії при лікуванні дерматологічних захворювань, а саме псоріазу волосяного покриву голови.
- 4. Проведення експериментальних досліджень впливу режимів роботи інтегрованого опромінювача на патологічні ділянки біологічної тканини.

3

Методика реалізації

Створення прототипу системи, яка може забезпечити автоматизований процес застосування лазерної терапії при лікуванні дерматологічного захворювання – псоріазу.

Наукова новизна

- Визначено режими інтегрованого випромінювання для впливу на поверхневі біологічні тканини організму з патологією на прикладі псоріазу.
- Створено методику застосування автоматизованої системи інтегрованого впливу

4

Об'єкт дослідження

Низькоінтенсивне лазерне випромінювання та його біологічний вплив на живі організми.

Предмет дослідження

Система інтегрованої терапії, з використанням визначених режимів НІЛВ для лікування дерматологічних захворювань, зокрема псоріазу.

Мета дослідження

вивчити та дослідити залежність ефективності впливу від обраного режиму опромінення при лікуванні дерматологічних захворювань шляхом використання систем інтегрованої терапії із застосуванням НІЛВ.

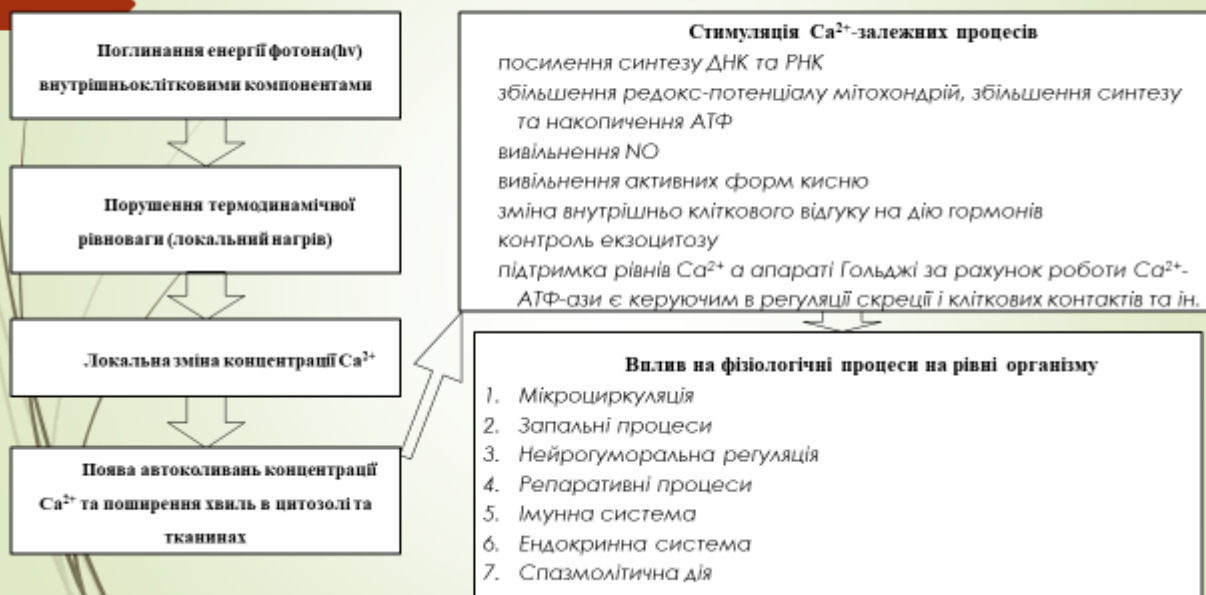
5

Лазерна терапія

- Один з методів фізіотерапії, оснований на застосуванні оптичного діапазону випромінювання.
- Джерело випромінювання – лазер.
- Одна фіксована довжина хвилі – монохроматичність.
- Основні способи:
 - локально;
 - акупунктурно;
 - на акупунктурні проекції;
 - внутрішньопорожнинно, за допомогою спеціальних світловодних інструментів;
 - внутрішньосудинне лазерне опромінювання крові.

6

НІЛВ в дерматології:



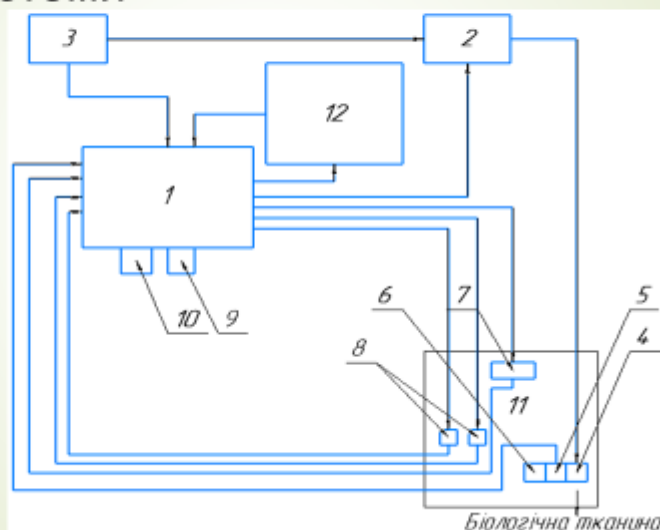
7

Переваги лазерної терапії при лікуванні псоріазу:

- Швидше лікування клінічних симптом
- Збільшення тривалості ремісії
- Простота методики
- Відсутність побічних реакцій
- Обмежена к-сть протипоказань
- Зменшення к-сті необхідних медичних препаратів
- Економічно ефективно

8

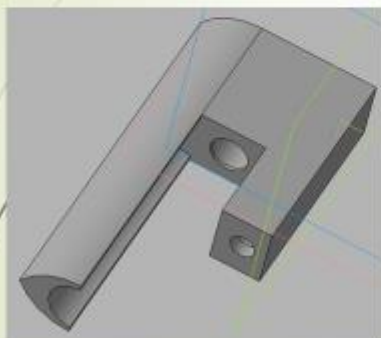
Функціональна схема запропонованої системи



9

Деякі елементи такої системи

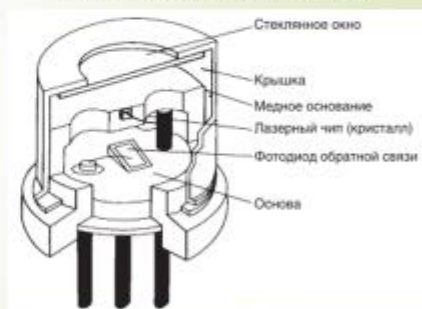
Корпус модуля - зубця



Камера для екранінгу



Напівпровідниковий лазер



10

Режими терапії

Сеанс	Потужність, мВт	Час усієї процедури, хв	Щільність потужності, мВт/см ²	Енергетична щільність, Дж/см ²
1	5	5	3,18	0,954
2	5	8	3,18	1,53
3	10	10	6,37	3,82
4	10	13	6,37	4,97
5	15	15	9,55	8,6
6-7	15	20	9,55	11,46
8-10	20	20	12,74	15,29
11-12	20	25	12,74	19,11
13-15	20	30	12,74	22,93

Висновки

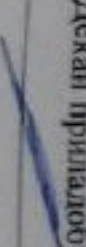
- На основі дослідженого запропоновано нову автоматизовану систему інтегрованої терапії дерматологічних захворювань. Основна перевага такої системи над аналогами – автоматизованість процесу. Це забезпечує точний розподіл та точне значення потужності опромінювання по всіх осередках ураження волосяного покриву голови. Розроблено функціональну схему такого апарату та представлено його детальний опис, розглянуто деякі компоненти, які є принципово важливими. Розписано алгоритм таких процедур та режим опромінювання.

Дякую за увагу!

Білецький Павло – bill2010r@gmail.com

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан приладобудівного факультету

 Григорій ТИМЧИК

«14» 12 2020 р.

АКТ

впровадження в науково-дослідну роботу результатів магістерської

дисертації

«Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань»

Роботу виконано студентом II курсу КІП ім. Ігоря Сікорського,

ПБФ гр. ПБ-92м

Білецьким Павлом Васильовичем

В організації «КІП ім. Ігоря Сікорського» ПБФ, кафедра виробництва приладів.

Матеріали магістерської дисертації включено до:

1. Звітів науково-дослідних робіт кафедри виробництва приладів КІП ім. Ігоря Сікорського, а саме:

- НДР «Створення фундаментальних принципів комп'ютерно-інтегрованої діагностики стану біотехнічних об'єктів», ДР 0116U006058 – в якості прикладів створення принципів систем діагностики та лікування.

2. Лекційного матеріалу дисципліни «Фізіотерапевтична апаратура», «Оптимізація методів приладів» (для заочної форми навчання) у частині схемотехнічних рішень побудови інтегрованих систем фізіотерапії.

Голова комісії:

 доцент, к.т.н. Марина ФІЛШПОВА

Члени комісії:

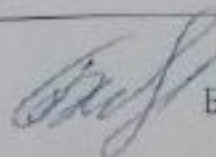
 ст. н.с., к.т.н. Володимир СКИЦЮК

 доцент, с.н.с., к.т.н. Тетяна КЛЮЧКО

Список
наукових та навчально-методичних праць
Білецького Павла Васильовича

№ п/п	Назва (мовою оригіналу)	Вихідні дані	Обсяг друк. стор.	Співавтори
1	2	3	4	5
1	Інтегрована стимуляція імунітету пацієнта при знижених функціях організму (стаття у фаховому виданні)	Збірник праць XIII науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, 2020, с. 187-189.	3	Клочко Т.Р.
2	Система інтегрованої терапії дерматологічних захворювань (стаття у фаховому виданні)	Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ", 08-09 грудня 2020 р. - К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020, – с. 256-259.	4	Клочко Т.Р.

Автор



Білецький П.В.

Список засвідчую

Декал ПБФ НТУУ «КПІ»

д.т.н., проф.



Тимчук Г.С.