

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Чичук Роман Петрович

УДК 621.317.38

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У
БІОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри біотехнічних систем
Яворська Євгенія Богданівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні електронні компоненти дозволяють створювати економічні і надійні оптоелектронні прилади, обладнання й системи, що є найперспективнішими у діагностиці онкозахворювань.

Вироби оптоелектроніки використовують електромагнітне випромінювання оптичного діапазону для прийому, обробки, передачі, а також відображення інформації. Оптоелектронні прилади чутливі до електромагнітного випромінювання в спектральному діапазоні від інфрачервоного до ультрафіолетового. Вони широко застосовуються як випромінювачі і фотоприймачі електромагнітної енергії в цьому діапазоні.

Діагностика онкозахворювань на ранній стадії і лікування значно збільшують шанси на одужання. Дослідження форми, розмірів та деформації патологічних онкоклітин, за допомогою оптоелектронної системи, є досить важливим етапом діагностики.

Онкоклітини активно діляться і швидко зростаються; в нормі схожою активністю володіють клітини кісткового мозку. Відповідно, якщо онкоклітини більш активні, ніж навколишні тканини, то і шкідлива дія випромінювання заподіє їм більш серйозної шкоди. Це обумовлює ефективність променевої терапії при однаковому опроміненні пухлинних клітин і великих обсягів здорової тканини. Однак сучасні оптоелектронні системи для променевої терапії дозволяють істотно збільшити терапевтичне відношення за рахунок «фокусування» дози іонізуючого випромінювання в патологічному вогнищі і відповідного збереження здорових тканин.

Таким чином, виникає необхідність удосконалення методів і засобів аналізу дії іонізуючого випромінювання у біологічних середовищах, що є важливим та актуальним завданням.

Мета і задачі дослідження. *Метою роботи* є дослідження впливу іонізуючого випромінювання у біологічних середовищах та визначення їх параметрів.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз енергетичних характеристик випромінювання та методів методів оптичного контролю та діагностики у біомедичних дослідженнях для обґрунтування напрямку наукового дослідження.

2. Побудувати математичну модель поширення іонізуючого випромінювання у біомедичних об'єктах та їх фантомах та провести її верифікацію.

3. Провести імітаційне моделювання поширення іонізуючого випромінювання у біологічних об'єктах та їх фантомах з метою перевірки обґрунтованої математичної моделі та методів її опрацювання

Об'єкт дослідження: процес впливу іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти та їх фантоми.

Предмет дослідження: математична модель впливу іонізуючого випромінювання та його взаємодія із біологічним середовищем.

Методи дослідження побудовано на вирішенні прямої задачі імпульсної дифузійної томографії та розробці математичної моделі поширення іонізуючого

випромінювання у біомедичних об'єктах і їх фантомах. Проектування в програмному середовищі LabView.

Наукова новизна отриманих результатів. Підвищення точності отриманих результатів проектування та зменшення кількості розрахунків. Метод дифузійної оптичної томографії є найбільш точним для пошуку та діагностики онкоклітин.

Апробація результатів дослідження. Окремі результати роботи апробовано на X Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, 2017 р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 87 сторінках, списку використаних джерел на 7 сторінках, додатків на 6 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 100 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** шляхом аналізу та порівняння методів і засобів аналізу дії іонізуючого випромінювання у біологічних середовищах обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У **першому розділі** «Аналітичний огляд методів оптичного контролю параметрів біологічних об'єктів і тканин» оцінюючи методи оптичного контролю параметрів біологічних об'єктів і тканин, встановлено, що метод оптичної томографії є найбільш відповідним для дослідження патологічних змін у біотканинах та онкоклітинах. Фактором обмеження є оптична непрозорість, що обмежує глибину зондування. Для ранньої діагностики злоякісних пухлин та дослідження патологічних онкоклітин найбільш ефективним було визнано метод дифузійної оптичної томографії.

У **другому розділі** «Аналіз оптоелектронних томографів. Вибір функціональної схеми» розглянуто методи визначення оптичних параметрів біологічних тканин. Запропоновано функціональну схему оптико-електронного око-процесорного томографа для візуалізації патологічних тканин (в якості зразка беремо тканини МЗ), для суттєвого покращення його часових характеристик. Розглянуто візуалізацію онкоклітин патологічних тканин МЗ, отриманих за допомогою оптико-електронного око-процесорного томографа.

Встановлено, що дифузійні хвилі оптичної щільності дозволяють досліджувати оптичні неоднорідності МЗ, проте їх просторова роздільна здатність, у зв'язку з дифузійним характером розповсюдження світла в тканинах, як правило, не перевищує 1 см.

Запропоновано функціональну організацію схеми оптико-електронного око-процесорного томографа, яка дає змогу збільшити просторову роздільну здатність за рахунок застосування поляризаційно-чутливих елементів

У третьому розділі «Вирішення прямої задачі імпульсної дифузійної оптичної томографії при патології» Встановлено, що нормований максимум фотонної щільності у відносно однорідних за своєю оптичною будовою біологічних тканин рухається в напрямку геометричного центру, що призводить до наближено однакової в області пізно пройшовших фотонів інтенсивності випромінювання, що реєструється усіма детекторами імпульсного дифузійного оптичного томографа; нормований максимум фотонної щільності в біологічних тканинах з вираженою поглинаючою патологічною структурою рухається в напрямку точки симетричного центру цієї неоднорідності відносно центру біомедичного об'єкта, що призводить до більш швидкого спаду інтенсивності випромінювання в області пізно пройшовших фотонів на найближчих до цієї неоднорідності детекторах імпульсного дифузійного оптичного томографа в порівнянні з інтенсивністю випромінювання на інших детекторах.

Зауважено, що швидкість падіння інтенсивності випромінювання в експериментах з поглинаючими неоднородностями в середньому на 20% вище, ніж в експериментах з однаковими за розміром розсіюючими неоднорідностями, а швидкість падіння інтенсивності випромінювання в експериментах з однорідним фантомом приблизно на 5% нижче, ніж в експериментах з поглинаючими неоднородностями.

Показана можливість визначення наявності відсутності областей патологічних відхилень в оптичній структурі біологічних тканин на основі обчислення, візуалізації і аналізу індексу неоднорідності

У четвертому розділі «Спеціальна частина» описано концептуальні засади медико-біологічних досліджень.

У п'ятому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 59612,53 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У шостому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено результати проведеного аналізу шкідливих факторів та чинників, що впливають, або можуть вплинути, на коректну роботу персоналу установи, де використовується представлений метод дослідження пацієнта з використанням спеціального обладнання. Був встановлений чіткий порядок розробки і впровадження технологій та вимог, щодо запобігання шкідливим факторам та чинникам.

У сьомому розділі «Екологія» проаналізовано питання впливу питання впливу лазерного випромінювання на навколишнє середовище та утилізації медичних відходів.

У додатках наведено тексти програм, розроблені для ПК (ОС Windows XP).

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу удосконалення методів і засобів аналізу дії іонізуючого випромінювання у біологічних середовищах.

При цьому отримано такі результати:

Дслідження методом дифузійної оптичної томографії для просторового розподілу оптичних параметрів та характеристик патологічних онкоклетин показав наступні результати:

Розроблений алгоритм для моделювання оптичної структури біологічних тканин, дозволяє описувати патологічні відхилення з достовірністю $> 90\%$.

Розроблені алгоритми для автоматичного формування з урахуванням закономірностей міграції нормованого максимуму фотонної щільності індексу неоднорідності біологічної тканини і початкового наближення до просторового розподілу коефіцієнтів поглинання має розсіяння в ній з достовірністю (на границі патологій) $>69\%$ і середньою тимчасовою затримкою ≈ 20 мілісекунд, тобто в реальному масштабі часу;

Проведені додаткові експерименти формування початкового наближення до просторових розподілів коефіцієнтів поглинання і розсіяння змінюючи радіуси неоднорідностей, показали патологічні відхилення з достовірністю в межах від $\approx 69\%$ до $\approx 81\%$.

АНОТАЦІЯ

Чичук Роман Петрович. Метод визначення іонізуючого випромінювання у біологічному середовищі. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методу визначення іонізуючого випромінювання у біологічному середовищі на основі методу дифузійної оптичної томографії для дослідження просторового розподілу оптичних параметрів та характеристик патологічних онкоклітин. Дослідження форми, розмірів та деформації патологічних онкоклітин є досить важливим етапом діагностики. Сучасні оптоелектронні системи дозволяють істотно збільшити терапевтичне відношення за рахунок «фокусування» дози іонізуючого випромінювання в патологічній ділянці, при цьому не наносячи шкоди здоровим тканинам. В роботі розроблено алгоритм для моделювання оптичної структури біологічних тканин, що дозволяють описувати патологічні відхилення. Вирішення прямої задачі імпульсної дифузійної томографії та розробка математичної моделі поширення оптичного випромінювання у біологічних об'єктах і їх фантомах проводилось із застосуванням проектування в програмному середовищі LabView.

Ключові слова: біологічне середовище, пухлина, фантом, дифузійна оптична томографія.

SUMMARY

Chychuk R. Method for determining ionizing radiation in a biological environment. – Manuscript.

Master's thesis work on specialty 163 – biomedical engineering, Ternopil National Technical University named after Ivan Pul'uj, Ternopil, 2018.

The master's thesis is devoted to the development of a method for determining ionizing radiation in a biological environment based on the method of diffusion optical tomography to study the spatial distribution of optical parameters and characteristics of pathological cells. The study of the shape, size and deformation of pathological cells is a very important stage of diagnosis. Modern optoelectronic systems can significantly increase the therapeutic ratio by “focusing” the dose of ionizing radiation in the pathological area, while not harming healthy tissues. An algorithm has been developed for modeling the optical structure of biological tissues, which makes it possible to describe pathological abnormalities. The solution of the direct problem of pulsed diffusion tomography and the development of a mathematical model of the propagation of optical radiation in biological objects and their phantoms were carried out using the design in the LabView software environment.

Keywords: biological environment, tumor, phantom, diffuse optical tomography.