

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000147

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №40-к від 04.03.2024р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рамазанов Дмитро Миколайович

2. Dmytro M. Ramazanov

Кваліфікація: 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: ОП 47753 Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу

Дата захисту: 16-02-2024

Спеціальність за освітою: фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 4698

Повне найменування юридичної особи: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.15.39, 58.31.37

Тема дисертації:

1. Фізико-технічні основи просторово фракціонованої радіаційної терапії
2. Physical and technical fundamentals of spatially fractionated radiation therapy

Реферат:

1. Променева терапія полягає у використанні іонізуючого випромінювання для лікування злоякісних та деяких доброякісних новоутворень. Разом із хірургічним втручанням та хіміотерапією, променева терапія є одним з найбільш ефективних методів боротьби з онкологічними захворюваннями. За статистикою, близько 70% усіх онкологічних пацієнтів отримують променеву терапію принаймні на одному з етапів лікування. Однак, оскільки випромінювання впливає не лише на ракові клітини, а й на прилеглі здорові тканини, існує ризик їх пошкодження та розвитку променевих ускладнень. Незважаючи на численні дослідження та розробки у галузі радіаційної онкології, проблема переопромінення здорових тканин досі залишається не вирішеною. Дисертаційна робота присвячена розробці фізико-технічних основ просторово фракціонованої радіаційної терапії (ПФРТ) – перспективного методу лікування злоякісних пухлин. У першому розділі наведено детальний аналіз епідеміологічних даних щодо захворюваності та смертності від раку в Україні та

світі. Показано, що незважаючи на досягнення в діагностиці та лікуванні, для деяких типів пухлин, зокрема гліобластом головного мозку, результати терапії залишаються незадовільними. П'ятирічна виживаність хворих на гліобластоми становить лише близько 5%. Це зумовлює гостру необхідність пошуку нових ефективних методів променевої терапії з метою розширення "терапевтичного вікна". Детально проаналізовано фізичні та біологічні основи традиційної променевої терапії як методу лікування злоякісних новоутворень. Розглянуто поняття терапевтичного індексу та фактори, що на нього впливають. Показано роль променевої терапії у комплексному лікуванні онкологічних хворих. Наведено ґрунтовний аналіз літературних даних щодо виникнення та розвитку методу ПФРТ. Охарактеризовано його фізико-технічні принципи, переваги та недоліки у порівнянні з традиційною променевою терапією. Проаналізовано результати клінічного застосування ПФРТ при лікуванні раку голови та шиї. Водночас констатовано обмежену кількість даних щодо оптимальних схем фракціонування. Зроблено висновок про необхідність подальших комплексних досліджень для удосконалення протоколів опромінення та розробки нових технологій ПФРТ. У другому розділі описано створення багатоканальної детекторної системи на основі поєднання металевих мікροстріпових детекторів (ММД) та електроніки Sens-Tech XDAS. Така система дозволяє здійснювати моніторинг розподілу профіля пучків іонізуючого випромінювання з високою точністю. Теоретично розраховано граничні умови застосування ММД, визначено максимальні флюенси протонних та електронних пучків за яких детектори зберігають працездатність. Експериментально продемонстровано ефективну реєстрацію профіля іонізуючого випромінювання за допомогою розробленої 128-канальної детекторної системи. Досягнуто моніторинг просторового розподілу та інтенсивності p -випромінювання $Pu-239$ в режимі реального часу. На основі проведених досліджень розроблено конструкцію профілометрів на основі сенсорів ММД 128 та електроніки Sens-Tech XDAS V3 для моніторингу профілю міні пучків у ПФРТ. У третьому розділі наведено результати експериментальних результатів фракціонування гамма-квантів 6MeV від медичного прискорювача Varian Clinac iX за допомогою латунного та свинцевого коліматора. Проведені Монте-Карло симуляції у програмних пакетах GEANT4 та Fluka які повторюють експеримент та верифікують подальші результати Монте-Карло симуляцій. Проведені Монте-Карло симуляції у програмному пакеті GEANT4 для визначення кращого матеріалу для коліматора за параметром поглинання випромінювання, найкращім матеріалом виявився вольфрам. Проведені Монте-Карло симуляції у програмному пакеті Fluka процесів колімації та фракціонування пучків гамма-квантів енергії 25 MeV і електронів 18 MeV за допомогою вольфрамових коліматорів. Встановлено оптимальну товщину коліматорів для ефективного фракціонування пучків різних енергій. Показано необхідність збільшення товщини коліматора у 2 рази порівняно з товщиною повного поглинання для оптимального фракціонування пучка. Продемонстровано можливість досягнення високих показників фракціонування (PVDR понад 10) для опромінення неглибоких пухлин як фотонами, так і електронами. Водночас встановлено швидке розмивання фракціонування з глибиною через інтенсивне розсіювання пучків. Показано ключову роль вторинних електронів у формуванні просторового розподілу дози від фракціонованих гамма-пучків. Це істотно впливає на профіль дози та обмежує глибину проникнення фракціонованих міні-пучків. На основі аналізу експериментальних результатів та результатів Монте-Карло симуляцій розроблено три версії конструкцій модульних вольфрамових коліматорів для ПФРТ. Показана можливість гнучкого налаштування геометрії та параметрів коліматорів під різні умови опромінення. Отримані результати є значним внеском у розвиток фізико-технічних засад ПФРТ на основі гамма- та електронних пучків. Розроблені методики та технічні рішення становлять підґрунтя для подальшого розвитку цього методу.

2. Radiotherapy consists in the use of ionizing radiation for the treatment of malignant and some benign neoplasms. Along with surgery and chemotherapy, radiation therapy is one of the most effective methods of fighting cancer. According to statistics, about 70% of all cancer patients receive radiation therapy at least in one of the stages of treatment. However, since radiation affects not only cancer cells, but also adjacent healthy tissues, there is a risk of their damage and the development of radiation complications. Despite numerous researches and developments in the field of radiation oncology, the problem of over-irradiation of healthy tissues still remains unsolved. The dissertation is devoted to the development of the physical and technical foundations of spatially

fractionated radiation therapy (PFRT) – a promising method of treatment of malignant tumors. The first chapter provides a detailed analysis of epidemiological data on cancer incidence and mortality in Ukraine and the world. It is shown that despite advances in diagnosis and treatment, for some types of tumors, in particular glioblastoma of the brain, the results of therapy remain unsatisfactory. The five-year survival rate of patients with glioblastoma is only about 5%. This leads to an urgent need to find new effective methods of radiation therapy in order to expand the "therapeutic window". The physical and biological bases of traditional radiation therapy as a method of treatment of malignant neoplasms are analyzed in detail. The concept of therapeutic index and the factors affecting it are considered. The role of radiation therapy in the complex treatment of cancer patients is shown. A thorough analysis of literature data on the emergence and development of the PFRT method is presented. Its physical and technical principles, advantages and disadvantages compared to traditional radiation therapy are characterized. The results of the clinical application of PFRT in the treatment of head and neck cancer were analyzed. At the same time, a limited amount of data on optimal fractionation schemes was ascertained. It was concluded that further comprehensive research is needed to improve irradiation protocols and develop new PFRT technologies. The second chapter describes the creation of a multi-channel detector system based on the combination of metal microstrip detectors (MMD) and Sens-Tech XDAS electronics. Such a system allows monitoring the profile distribution of ionizing radiation beams with high accuracy. The limiting conditions for the use of MMD were theoretically calculated, and the maximum fluences of proton and electron beams at which the detectors maintain their performance were determined. Effective registration of the profile of ionizing radiation using the developed 128-channel detector system was experimentally demonstrated. Real-time monitoring of the spatial distribution and intensity of α -radiation of Pu-239 was achieved. On the basis of the conducted research, a design of profilometers based on MMD 128 sensors and Sens-Tech XDAS V3 electronics was developed for monitoring the profile of mini beams in PFRT. The third section presents the results of the experimental results of fractionation of 6MeV gamma quanta from the Varian Clinac iX medical accelerator using a brass and lead collimator. Monte Carlo simulations were carried out in GEANT4 and Fluka software packages, which repeat the experiment and verify the further results of Monte Carlo simulations. Monte Carlo simulations were carried out in the GEANT4 software package to determine the best material for the collimator based on the radiation absorption parameter, tungsten was the best material. Monte Carlo simulations of the processes of collimation and fractionation of 25 MeV gamma-quantum beams and 18 MeV electrons using tungsten collimators were carried out in the Fluka software package. The optimal thickness of collimators for effective fractionation of beams of different energies has been established. The need to increase the thickness of the collimator by 2 times compared to the thickness of complete absorption for optimal fractionation of the beam is shown. The possibility of achieving high fractionation rates (PVDR over 10) for the irradiation of shallow tumors with both photons and electrons has been demonstrated. At the same time, a rapid erosion of fractionation with depth due to intense scattering of beams was established. The key role of secondary electrons in the formation of the spatial distribution of dose from fractionated gamma beams is shown. This significantly affects the dose profile and limits the penetration depth of the fractionated mini-beams. Based on the analysis of experimental results and results of Monte Carlo simulations, three versions of designs of modular tungsten collimators for PFRT have been developed.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Рамазанов Д. М., Анохін І. Є.. Монте-Карло симуляції вольфрамових матричних коліматорів для просторово фракціонованої радіаційної терапії. Scientific Bulletin of UNFU, 33(5), 70–76 (2023). DOI 10.36930/40330509
- Рамазанов Д. М., Пугач В. М. Розробка та тестування детекторної системи іонізуючого випромінювання на основі металевих мікростріпових детекторів та електроніки Sens-Tech XDAS. Наука і Техніка Сьогодні, 13(27), 883–896 (2023). DOI 10.52058/2786-6025-2023-13(27)-883-896
- Рамазанов Д. М., Анохін І. Є.. Розробка вольфрамового матричного коліматора для електронної просторово фракціонованої терапії. Наука і Техніка Сьогодні, 12(26), 626–636 (2023). DOI 10.52058/2786-6025-2023-12(26)-626-636
- Anokhin Igor, Ramazanov Dmytro. Matrix metal collimators studies for the spatially fractionated radiation therapy. Komp'üterno-İntegrovanì Tehnologìi: Osvìta, Nauka, Virobnictvo, 53, 5–8 (2023). DOI 10.36910/6775-2524-0560-2023-53-01

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0116U002883

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пугач Валерій Михайлович
2. Valery M. Pugatch

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, член-кор. НАН України, 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Каденко Ігор Миколайович

2. Igor M. Kadenko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Парлаг Олег Олександрович

2. Oleg O. Parlag

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електронної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540008

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 21, Ужгород, Ужгородський р-н., 88000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кобичев Владислав Валерійович

2. Vladyslav V. Kobychev

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Улещенко Володимир Васильович

2. Volodymyr V. Uleshchenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Даневич Федір Анатолійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Даневич Федір Анатолійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Порицький Павло Віталійович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна