

**М. Беншейх<sup>1\*</sup>, А. Магхнудж<sup>2</sup>, Д. Таджмуати<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Кафедра фізики, факультет наук і технологій Мохаммедія, університет Касабланки Хасана II, Мохаммедія, Марокко*

<sup>2</sup> *Лабораторія LISTA, кафедра фізики, науковий факультет Дхар Ель-Махраз, університет Сіді Мохамед Бен Абделлах, Фес, Марокко*

\*Відповідальний автор: bc.mohamed@gmail.com

## **АНАЛІЗ І ОЦІНКА ВТОРИННИХ ФОТОНІВ ВІД МОДИФІКАТОРА ПУЧКА ЧАСТИНОК ЯК РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ НА ПОВЕРХНІ ФАНТОМУ**

Дана робота зосереджена на вивченні геометрії та матеріалу модифікатора пучка частинок («щелеп»), що має вирішальне значення для покращення лінійного прискорювача за рахунок зменшення вторинних фотонів, що виходять з нього. Вони мають негативний вплив при лікуванні раку, особливо при пухлині, що глибоко розташована, оскільки їхня енергія виділяється на меншій глибині і може знищити здорові клітини, що оточують об'єкт лікування. Мета цієї роботи – дослідити та оцінити характеристики вторинних фотонів, що виникли у щелепах, з точки зору профілю потоку, розподілу енергії, спектрального та кутового розподілу. Ця робота була виконана за допомогою Монте-Карло кодів BEAMnrc та BEAMDP. Щелепи є потенційним джерелом вторинних фотонів, найближчим до фантома. Кількість вторинних фотонів, що виходять із Х-щелепи (продовжня щелепа), є більшою, і вони більш енергійні порівняно із вторинними фотонами Y-щелепи (поперечна щелепа). Тому найбільш значущим результатом є отримання кутового розподілу вторинних фотонів для кожної пари щелеп. Для Y-щелепи більшість фотонів розсіюються з великими кутами, що означає, що ці фотони можуть вийти за межі поля опромінення і нанести шкоду здоровим клітинам, але для Х-щелепи більшість вторинних фотонів знаходиться в полі опромінення; вони можуть впливати тільки головним чином на здорові клітини, що знаходяться перед об'єктом лікування.

*Ключові слова:* вторинний коліматор, Монте-Карло моделювання, вторинні фотони, код BEAMnrc, код BEAMDP.

**М. Беншейх<sup>1\*</sup>, А. Магхнудж<sup>2</sup>, Д. Таджмуати<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Кафедра фізики, факультет наук і технологій Мохаммедія, університет Касабланки Хасана II, Мохаммедія, Марокко*

<sup>2</sup> *Лабораторія LISTA, кафедра фізики, науковий факультет Дхар Ель-Махраз, університет Сіді Мохамед Бен Абделла, Фес, Марокко*

\*Ответственный автор: bc.mohamed@gmail.com

## **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВТОРИЧНЫХ ФОТОНОВ ОТ МОДИФИКАТОРА ПУЧКА ЧАСТИЦ КАК РАДИАЦИОННОГО ФОНА НА ПОВЕРХНОСТИ ФАНТОМА**

Данная работа сосредоточена на изучении геометрии и материала модификатора пучка частиц («челюстей»), имеющих решающее значение для улучшения линейного ускорителя за счет уменьшения вторичных фотонов, выходящих из него. Они имеют негативное влияние при лечении рака, особенно при глубоко расположенной опухоли, поскольку их энергия выделяется на меньшей глубине и может уничтожить здоровые клетки, окружающие объект лечения. Цель этой работы - исследовать и оценить характеристики вторичных фотонов, возникших в челюстях, с точки зрения профиля потока, распределения энергии, спектрального и углового распределения. Эта работа была выполнена с помощью Монте-Карло кодов BEAMnrc и BEAMDP. Челюсти являются потенциальным источником вторичных фотонов, ближайшим к фантому. Количество вторичных фотонов, выходящих из Х-челюсти (продольная челюсть), больше, и они более энергичны по сравнению с вторичными фотонами Y-челюсти (поперечная челюсть). Поэтому наиболее значимым результатом является получение углового распределения вторичных фотонов для каждой пары челюстей. Для Y-челюсти большинство фотонов рассеиваются с большими углами, что означает, что эти фотоны могут выйти за пределы поля облучения и нанести вред здоровым клеткам, но для Х-челюсти большинство вторичных фотонов находится в поле облучения; они могут влиять только главным образом на здоровые клетки, которые находятся перед объектом лечения.

*Ключевые слова:* вторичный коллиматор, Монте-Карло моделирование, вторичные фотоны, код BEAMnrc, код BEAMDP.

**Mohamed Bencheikh<sup>1,\*</sup>, Abdelmajid Maghnouj<sup>2</sup>, Jaouad Tajmouati<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Physics Department, Faculty of Sciences and Technologies Mohammedia, Hassan II University of Casablanca, Mohammedia, Morocco*

<sup>2</sup> *LISTA Laboratory, Physics Department, Faculty of Sciences Dhar El-Mahraz, University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco*

\*Corresponding author: bc.mohamed@gmail.com

## **ANALYSIS AND EVALUATION OF SECONDARY PHOTONS ORIGINATED IN JAWS AS CONTAMINATION PARTICLES AT THE PHANTOM SURFACE**

The present work is focused on the study of the geometry and material of a beam modifier (jaws), which is crucial for Linac improvement by reducing secondary photons emergent from it. They have negative effects when the cancer was treated and especially in the deep tumor because their energy is deposited in shallower depth and could destroy the healthy cells that surround the treatment volume. The purpose of this study is to investigate and evaluate the characterizations of secondary photons originated in jaws in terms of fluence profile, energy fluence profile, energy fluence distribution, spectral distribution, and angular spread distribution. This work was performed by using the BEAMnrc Monte Carlo and BEAMDP codes. The jaws are a potential source of secondary photons nearest to the phantom. The number of secondary photons emergent from X-jaw (in-plan jaw) is higher and they are more energetic in comparison to secondary photons of Y-jaw (cross-plan jaw). Therefore, the most significant result is on the angular spread distribution of secondary photons for each pair jaw. For Y-jaw, the majority of photons are scattered and spread with high angle degree that means these photons can fall out of the irradiation field and affect the healthy cells but for the X-jaw, most of the secondary photons are within the irradiation field and they can affect healthy cells mainly only at the entrance of treatment volume.

*Keywords:* secondary collimator, Monte Carlo simulation, secondary photons, BEAMnrc code, BEAMDP code.

### REFERENCES

1. A.O. Ezzati et al. A comprehensive procedure for characterizing arbitrary azimuthally symmetric photon beams. *Physica Medica* 30(2) (2014) 191.
2. J.S. Cunha, D.N. Souza, A.B. Carvalho Junior. Dose calculation with MCNPX code for Total Body Irradiation technique in sitting and lying postures. *Radiation Physics and Chemistry* 149 (2018) 1.
3. J.P. Reis Junior et al. Simulation of Siemens ONCOR™ Expression linear accelerator using phase space in the MCNPX code. *Progress in Nuclear Energy* 70 (2014) 64.
4. M. Bencheikh, A. Maghnouj, T. Tajmouati. Photon beam softening coefficients evaluation for a 6 MV photon beam for an aluminum slab: Monte Carlo study using BEAMnrc code, DOSXYZnrc code and BEAMDP code. *Moscow University Physics Bulletin* 72(3) (2016) 263.
5. D.W.O. Rogers, B. Walters, I. Kawrakow. *BEAMnrc Users Manual*. NRCC Report PIRS-0509(A).
6. M. Bencheikh, A. Maghnouj, T. Tajmouati. Validation of Monte Carlo simulation of 6 MV photon beam produced by Varian Clinac 2100 linear accelerator using BEAMnrc code and DOSXYZnrc code. *Phys. Part. Nucl. Lett.* 14(5) (2017) 780.
7. D.W.O. Rogers et al. *NRC User Codes for EGSnrc*. NRCC Report PIRS-702.
8. M. Aljamal, A. Zakaria. Monte Carlo Modeling of a Siemens Primus 6 MeV Photon Beam Linear Accelerator. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 7(10) (2013) 340.
9. C.M. Ma, D.W.O. Rogers. *BEAMDP User's Manual*. NRCC Report PIRS-0509(C).
10. P. Lonski et al. Assessment of leakage doses around the treatment heads of different linear accelerators. *Radiation Protection Dosimetry* 152(4) (2012) 304.
11. M. Bencheikh, A. Maghnouj, T. Tajmouati. Energetic properties' investigation of removing flattening filter at phantom surface: Monte Carlo study using BEAMnrc code, DOSXYZnrc code and BEAMDP code. *Phys. Part. Nucl. Lett.* 14(6) (2017) 921.
12. *Absorbed dose determination in external beam radiotherapy*. Technical Reports Series No. 398 (Vienna, International Atomic Energy Agency, 2000) p. 110.

Надійшла/Received 21.01.2019