

ДОЗИМЕТРІЯ МАЛИХ ФОТОННИХ ПОЛІВ: ВПЛИВ ТИПУ ДЕТЕКТОРА НА ФАКТОРИ ВИХОДУ

К. В. Вільчинська^{1,2}, Л. О. Голінка-Безшийко¹, О. А. Безшийко¹

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

²Універсальна клініка «Оберіг», Київ, Україна

Сучасна високоточна променева терапія, зокрема стереотаксична радіохірургія (SRS) та стереотаксична променева терапія тіла (SBRT), широко використовує малі фотонні поля для підведення високих доз до до мішені із максимальним збереженням навколишніх здорових тканин. Однак дозиметрія малих полів залишається складною фізичною задачею через порушення латеральної рівноваги заряджених частинок, часткове перекриття джерела випромінювання коліimatorними системами та значний вплив геометрії і матеріалу детектора на результати вимірювань.

Визначення факторів виходу (Output Factors, OF) у малих полях є критично важливим для точності дозового планування та безпечного клінічного застосування. Використання різних типів детекторів може призводити до суттєвих розбіжностей у результатах, особливо для полів розміром менше 20x20 мм². У зв'язку з цим міжнародні рекомендації IAEA TRS-483 підкреслюють необхідність використання коефіцієнтів корекції при проведенні вимірювань [1, 2].

Метою роботи є дослідження залежності факторів виходу від типу детектора у фотонних полях 6 MeV, а також порівняння експериментальних результатів із детальним Monte Carlo моделюванням лінійного прискорювача на базі TOPAS/Geant4 [3].

У роботі було створено Monte Carlo модель клінічного лінійного прискорювача TrueBeam 6 MeV із використанням енергетичного спектра пучка. Моделювання проводилося в середовищі TOPAS на основі Geant4 [4]. Експериментальні вимірювання виконувалися у водному фантомі BluePhantom² на глибині 10 см із використанням наступних детекторів: PTW microDiamond, IBA Razor diode, IBA CC01, радіохромна плівка EBT-XD, пластиковий сцинтиляційний детектор Medscint. Досліджувалися квадратні поля розмірами від 5x5 мм² до 100x100 мм², при цьому поле 100x100 мм² використовувалося для нормалізації. Поточний етап роботи також включає моделювання геометрії самих детекторів у Monte Carlo середовищі для подальшого уточнення коефіцієнтів корекції [5, 6].

Monte Carlo симуляції продемонстрували гарну узгодженість із високороздільними детекторами. Значення OF, отримані за допомогою PTW microDiamond та IBA Razor diode, відрізнялися не більше ніж на 2.3% для поля 10x10 мм². Іонізаційна камера IBA CC01 показала відхилення в межах 0.8% для поля 10x10 мм² та близько 1.2% для поля 5x5 мм² відносно інших детекторів. Для пластикового сцинтилятора були виявлені додаткові джерела похибок, пов'язані з калібруванням і корекцією сигналу стрижня сцинтилятора (stem effect). Ці фактори наразі досліджуються для подальшого вдосконалення методики.

Проведене дослідження підтверджує, що вибір детектора є одним із ключових чинників забезпечення точності дозиметрії малих фотонних полів. PTW microDiamond та IBA Razor diode продемонстрували найкращу узгодженість із Monte Carlo моделюванням і можуть вважатися ефективними інструментами для клінічної дозиметрії полів менше 20x20 мм². Monte Carlo підхід на базі TOPAS/Geant4 є надійним методом незалежної валідації експериментальних вимірювань і дозволяє дослідити фізичні механізми похибок, пов'язаних із конкретними типами детекторів. Отримані результати мають практичне значення для підвищення точності дозиметричного забезпечення у високоточній променевій терапії та сприяють розвитку сучасних протоколів дозиметрії малих полів.

1. International Atomic Energy Agency. *Dosimetry of small static fields used in external beam radiotherapy: An IAEA–AAPM International Code of Practice for reference and relative dose determination*. IAEA TRS-483, Vienna, 2017.
2. Alfonso R., Andreo P., Capote R. et al. *Medical Physics* 35 (2008) 11.
3. Faddegon B, Ramos-Méndez J, Schuemann J. et al. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics* 72 (2020) pp. 114-121.
4. J. Allison, K. Amako, J. Apostolakis et al. *IEEE Transactions on Nuclear Science* 53 (2006) 1.
5. Cranmer-Sargison G, Weston S, Evans JA et al. *Medical Physics* 38 (2011) 12.
6. Johnny E. Morales, Scott B. Crowe, Robin Hill et al. *Medical Physics* 41 (2014) 11.