

УДК 615.841

**ПРОВЕДЕННЯ ТЕРМОЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО АУДИТУ
СТРУМЕНІВ ДИСТАЦІЙНИХ ГАММА-ТЕРАПЕВТИЧНИХ
АПАРАТІВ У МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДАХ**

Озерський К.Л., Пустовий А.С.,

Науковий керівник – д.т.н., Скляр В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ,
м. Харків, Україна

e-mail: kostiantyn.ozerskyi@nure.ua

The quality assurance of gamma therapy is underpinned by metrological support, which includes organizational and technical measures aimed at achieving the accuracy and uniformity of dosimetric measurements. The calibration check of beams from remote gamma therapy devices is carried out using TLD (Thermoluminescent Dosimeter) detectors - plastic capsules filled with TLD powder, which are mailed to radiological centers for irradiation with a certain dose in a water phantom. Based on the measurements of TLD detector signals, conclusions can be made regarding the accuracy of dose delivery on a specific remote gamma therapy device.

Одним із головних факторів гарантії якості гамма-терапії є метрологічне забезпечення, що охоплює організаційні та технічні заходи, спрямовані на досягнення точності й єдності дозиметричних вимірювань. Для підвищення ефективності променевого лікування та зниження кількості ускладнень необхідно опромінювати мішень у тілі пацієнта з похибкою дози $\pm 5\%$ [1, 2].

Контроль радіаційного виходу терапевтичного апарату, тобто калібрування терапевтичного струменя, що використовується в лікувальному процесі, забезпечується внутрішніми перевірками в самому радіологічному відділенні, а також зовнішніми незалежними перевірками, або аудитами, що проводять національні та міжнародні організації.

Перевірку калібрування струменів апаратів дистанційної гамма-терапії проводять за допомогою ТЛ-детекторів – пластикових капсул, наповнених ТЛ-порошком, які надсилають поштою до радіологічних центрів для опромінення певною дозою у водному фантомі. За результатами вимірювань сигналів ТЛ-детекторів, що були повернені, може дати висновок про забезпечення точності відпускання доз на певному апараті гамма-дистанційної терапії [3].

Учасникам ТЛ-аудиту пропонували опромінити термолюмінесцентні детектори поглинутою дозою 2 Гр у стандартних умовах на терапевтичному апараті із джерелом ^{60}Co за звичайною процедурою у клінічній практиці контрольованого радіологічного відділення [2, 4].

Апробацію етапу ТЛ-аудиту проводили на трьох дистанційних гамма-апаратах у радіологічних відділеннях променевої терапії медичних

закладів України за допомогою термолюмінесцентного порошку (Rexon 100). Для проведення апробації ТЛ-аудиту для радіологічних відділень був сформований комплект ТЛ-детекторів, який складається з трьох пластикових капсул, наповнених порошком LiF:Mg,Ti тип TLD-100. Одна капсула ТЛ-детекторів, що була промаркована білим кольором, не опромінювалась – вона необхідна для урахування радіаційного впливу навколишнього середовища при транспортуванні та зберіганні. Дві капсули ТЛ-детекторів були опромінені у радіологічних відділеннях на контрольованому дистанційному гамма-терапевтичному апараті за стандартними умовами поглинутою дозою у воді 2 Гр

Результати розрахунку відпущеної поглинутої дози та похибки її відпускання при проведенні наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Результати вимірювання поглинутої дози

Тип апарату	Значення, імпульс		Проміжне значення дози, Гр		Поглинута доза, Гр
	середнього сигналу	середнього сигналу з урахуванням фону (M_i)	$M_i \times N$	$M_i \times N \times f_{ad}$	$M_i \times N \times f_{ad} \times f_{lin}$
Рокус-М	55037,50	54990,50	2,03	2,02	2,03
	53241,25	53194,25	1,96	1,96	1,97
Агат-Р	52085,00	52034,50	1,89	1,89	1,90
	55763,00	55712,50	2,02	2,02	2,03
Рокус-АМ	55468,00	55414,50	1,94	1,94	1,95
	56629,75	56576,25	1,98	1,98	1,99

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку похибки відпускання поглинутої дози

Тип апарату	D_i^* , Гр	D^{**} , Гр	Похибка, %	
			опромінення ТЛ-детектора	точності відпускання дози
Рокус-М	2,03	2,00	-1,445	-0,112
	1,97	2,00	1,669	
Агат-Р	1,90	2,00	5,258	1,992
	2,03	2,00	-1,273	
Рокус-АМ	1,95	1,99	2,425	1,438
	1,99	1,99	0,451	

Примітка: D_i^* - доза, розрахована ініціатором аудиту, Гр;

D^{**} - доза, розрахована в контрольованому медичному закладі, Гр.

Результати вимірювань (див. табл. 1 та 2) свідчать про те, що відхилення вимірної дози від відпущеної на дистанційних гамма-

терапевтичних апаратах в контрольованих медичних закладах перебуває в межах 5 %, що є головною вимогою Міжнародної комісії з радіаційних одиниць та вимірювань при проведенні променевої терапії [1].

При проведенні ТЛ-аудиту було опрацьовано алгоритм розрахунку поглинутої дози у воді, виміряної за допомогою ТЛ-детекторів, опромінених на гамма-терапевтичних апаратах дистанційної променевої терапії. Цей алгоритм планується використовувати при створенні центру ТЛ-аудиту [5].

Аналіз отриманих результатів вимірювань опромінених детекторів:

- центр ТЛ-аудиту повинен проводити висвічування комплекту ТЛ-детекторів не пізніше 3 тижнів з часу їх отримання;

- у центрі ТЛ-аудиту вимірювання ТЛ-сигналу кожного опроміненого детектора проводять на термolumінесцентній дозиметричній установці PCL-3, після чого розраховують поглинуту дозу і фіксують її у протоколі вимірювань;

- медичні заклади отримують протокол, в якому наведена похибка точності відпущення дози та лист з рекомендаціями про необхідність повторного опромінення, якщо похибка відпущення дози перевищує допустиме значення – 5 %;

- центр ТЛ-аудиту направляє фахівця у медичний заклад для проведення ревізії процедур опромінення детекторів, якщо при повторному опроміненні похибка перевищує 5 %.

- для лабораторії первинного стандарту та Центрив ТЛ-аудиту похибка вимірювання дози не повинна перевищувати 3,5 %.

Список використаних джерел:

1. Kirby T. H., Hanson W. F., Johnston T. Uncertainty analysis of absorbed dose calculations from thermoluminescence dosimeters // *Am. Assoc. Med. Phys. Dos.* 1992. Vol. 19, № 6. P. 1427–1433.

2. The influence of the IAEA standard holder on dose evaluated from TLD samples / J. Izewska et al. // *Phys. Med. Biol.* 1996. Vol. 41. P. 465–473.

3. Munis J. L., Delgado A., Gomez Ros J. M., Brosed A. Application of glow curve analysis methods to radiotherapy mailed dosimetry with LiF TLD-100 // *Phys. Med. Biol.* 1995. Vol. 40. P. 253–268.

4. Nystrom H., Bera P., Nette P. Beams quality dependence of IAEA TLDs irradiated in a standardized geometry Measurement assurance in dosimetry. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1994.

5. Izewska J., Bera P., Vatnitsky S. IAEA/WHO TLD postal dose audit service and high precision measurements for radiotherapy level dosimetry. International Atomic Energy Agency World Health Organization // *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2002. Vol. 101, № 1–4. P. 387–392.