

Тема: Измерение параметров дозного поля в режиме реального времени клиническим дозиметром МКД-04 при контактной лучевой терапии с использованием малогабаритного источника  $^{192}\text{Ir}$

Авторы: Сумин А.В., Медвеков А.М., Коконцев Д.А., Титова В.А.

Учреждение: ФГБУ "Российский научный центр рентгено-радиологии" Минздрава России, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации»

Введение: Исследования последних лет подчеркивают безусловную важность прямого контроля доз при проведении высокомогностной брахитерапии с помощью сцинтилляционных дозиметров для профилактики осложнений, встречающихся при лечении гинекологического рака и рака предстательной железы [4,5,6]. Важным этапом в решении задачи персонализации высокомогностной брахитерапии является получение дозиметрической информации непосредственно в режиме реального времени при реализации сеанса брахитерапии с помощью прямых измерений доз - дозиметрия *in vivo* [4.5]. Ранее наши исследования касались разработки и использования разработки клинического сцинтилляционного дозиметра МКД-04 для прямой дозиметрии при проведении сеансов брахитерапии на аппарате АГАТ-ВТ с источником  $^{60}\text{Co}$ , а также в пучке гамма-терапевтического аппарата [1,2], которые показали безусловные перспективы его клинического использования для контроля предписанной и реально полученной пациентом дозы облучения. В рамках продолжения исследований по теме «Разработка системы многопараметрового прямого контроля поглощенных доз в зонах медицинского интереса-опухоли и органах риска во время реализации контактной лучевой терапии с использованием клинического дозиметра МКД-04» были проведены измерения с детекторами уже усовершенствованной конструкции - диаметром 3,2 мм в пучке гамма-излучения источника  $^{192}\text{Ir}$  в реальном режиме времени.

Цель: Цель исследований: - определение параметров по точности и стабильности измерений дозиметром МКД-04 при брахитерапии с использованием  $^{192}\text{Ir}$ , а также факторов, влияющих на эти параметры; - разработка методики использования дозиметра МКД-04 при проведении сеансов контактной лучевой терапии; - усовершенствование методики визуализации детекторов.

Материалы и методы: Новый усовершенствованный детектор – «ДМЗ» предназначен для работы в составе многоканального клинического дозиметра МКД-04 и отличается от предыдущих модификаций тем, что сцинтиллятор располагается строго по оси, диаметр защитной трубки составляет 3,2 мм вместо 4 мм (64% от прежней площади сечения); длина сцинтиллятора была уменьшена с 8 мм до 6 мм при сохранении его диаметра -1 мм. Калибровка детекторов производилась в фантоме из пластин РММА вблизи источника  $^{192}\text{Ir}$ . Детекторы ДМЗ жестко фиксировали на эндостатах и размещались в зонах медицинского интереса врача в соответствии с разработанной методикой [2,3]. Детекторы визуализировали при КТ исследовании, выполняемом с интервалом 1 мм и 3 мм при размещении эндостатов в пластиковом фантоме или непосредственно после их введения в естественные полости пациента как непосредственно в область опухоли, так и органов риска - мочевого пузыря, прямую ктшку или уретру. На КТ-томограммах контролировали положение детекторов, т.к. все составные части детекторов: сцинтиллятор, оптоволокно, рентгеноконтрастные маркеры были

хорошо видны в рентгеновском изображении. Представленные графики зависимости мощности дозы от времени в процессе терапии при использовании  $^{192}\text{Ir}$  получены в реальном режиме времени. Поглощенная доза как интеграл по времени мощности дозы также определялась в реальном режиме времени.

Результаты: 1. Усовершенствование конструкции детекторов многоканального клинического дозиметра МКД-04 было осуществлено с целью улучшения параметров в части анизотропных характеристик. 2. Проведена калибровка усовершенствованных детекторов многоканального клинического дозиметра МКД-04 в пучке гамма-излучения малогабаритного источника  $^{192}\text{Ir}$ . Отмечено хорошее совпадение показаний ионизационной камеры и МКД-04 (отклонения не более 1%), особенно на расстоянии 15-50 мм от источника  $^{192}\text{Ir}$ . 3. Методика измерений с помощью детекторов МКД-04 была разработана при проведении различных процедур брахитерапии с различными аппликаторами –эндостатом с центральной излучающей линией с равными и неравными временами экспонирования источника в позициях перемещения источника, проктостатом с 8-ю излучающими линиями, расположенными по 450 –ным радиусам эндостата, а также при проведении внутритканевой гамма-терапии рака предстательной железы источником  $^{192}\text{Ir}$ . 4. Измерения при брахитерапии были проведены одновременно с использованием двух детекторов, которые контролировали величину мощности дозы и дозы в реальном режиме времени с получением графиков зависимости мощности дозы и дозы от времени. 5. Разработанная методика визуализации детекторов на томограммах позволяла четко получать информацию о всех составных частях детекторов - сцинтилляторе, оптоволокну, рентгеноконтрастном маркере. Их координаты были определены с высокой степенью точности.

Выводы: Клинический дозиметр МКД-04 с усовершенствованными сцинтилляционными детекторами подтвердил заявленные параметры и характеристики, а также эффективность их применения на этапе прямой дозиметрии *in vivo* в пучке гамма-излучения источника  $^{192}\text{Ir}$  в реальном режиме времени.

Список литературы: 1. В. А. Солодкий, В. А. Титова, Т. С. Белле и др./Контактная лучевая терапия с использованием отечественного комплекса АГАТ-ВТ. Руководство для врачей и медицинских физиков// М.: Издательство «Аспект Пресс», 2018. — 192 с. ISBN97 8–5–7567–0983–4. 2 А.В.Сумин, А.М.Медведков, В.Н.Васильев, и др. Верификация работы сцинтилляционного многоканального клинического дозиметра МКД-04 в коллимированном пучке гамма-излучения источника  $\text{Co-60}$ // Журнал Медицинская физика.- 2017, №3, сс. 24-33. 3. В.А.Титова, Д.А.Коконцев, Т.С.Белле. Клинические задачи прямой дозиметрии (*in vivo*) при контактной лучевой терапии. Журнал Biomedical Photonics.-2018.-№2.-pp. 19-24. 4. Bartesaghi G., Conti V., Prest M. et al. A scintillating fiber dosimeter for radiotherapy // Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res. A. 2007; v. 572.-pp. 228–230. 3. Cappelletti M., Frigerio S., Gelosa A. et al. A scintillating fiber dosimeter for radiotherapy // Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res. A. 2007.-V. 581.-pp. 80–83. 4. Rijnders A. Impact of improvements in dosimetry on the therapeutic window. 2nd ed. GEC-ESTRO Workshop. Brussels. 2014.-pp. 1–23. 5. VIVODOS // Packard Central Europe GmbH. <http://www.cpce.ru/tools/vivodos.shtml>