

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАНИРОВАНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С  
КАРДИОУСТРОЙСТВАМИ**

А.Ю. Курзюкова<sup>1</sup>

Научный руководитель: PhD, Одложиликова Анна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

<sup>2</sup>Масариков онкологический институт, Медицинский факультет Масарикова Университета,  
65653, Чешская Республика, Брно, ул. Žlutý kopec 7

E-mail: kurzyukovanastya@gmail.com

**IMPROVEMENT OF RADIOTHERAPY PLANNING QUALITY FOR PATIENTS WITH CARDIAC  
DEVICES**

A.Y. Kurzyukova<sup>1</sup>

Scientific supervisor: PhD, Odlozilikova Anna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSAEI HE «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin», 620002, Russia,  
Yekaterinburg, Mira St., 19

<sup>2</sup>Masaryk Memorial Cancer Institute, Faculty of Medicine Masaryk University, 656 53, Czech Republic, Brno, 7  
Žlutý kopec Street

E-mail: kurzyukovanastya@gmail.com

***Abstract.** Nowadays radiation therapy poses a threat to cancer patients with cardiac devices on account of malfunctions caused by ionizing radiation. Although, high-quality irradiation planning is required for such patients, it is hindered by artifacts on computed tomography scans. To solve this problem we have tested artifacts deletion method in Masaryk Memorial Cancer Institute. The data obtained from this experiment confirm the need to use the method in medical practice.*

**Введение.** С каждым годом растет количество онкологических пациентов с имплантированным электронным кардиостимулятором (ИЭКС), которым был назначен курс радиотерапии. Фотонное ионизирующее излучение, используемое при облучении таких пациентов, может стать причиной неисправностей в кардиостимуляторах, и, следовательно, быть опасным для пациентов. В таких случаях необходимо создание качественных планов лучевой терапии для снижения дозы излучения, получаемой кардиоустройствами и электродами. При планировании лучевой терапии планирующий физик работает с гистограммой Доза-Объем (рисунок 1), каждая кривая которой описывает степень облучения выбранной области. По оси абсцисс представлена доза (Гр), получаемая определенным объемом (кардиоустройством или электродом) при облучении. По оси ординат представлена величина облучаемого объема (%), получаемого определенную дозу. Очевидно, что на 100 % объема кардиоустройства или электродов должна приходиться как можно меньшая доза и график должен стремиться к нулю. Данный график позволяет получить планирующая система Eclipse 11.0, разработанная компанией VARIAN.

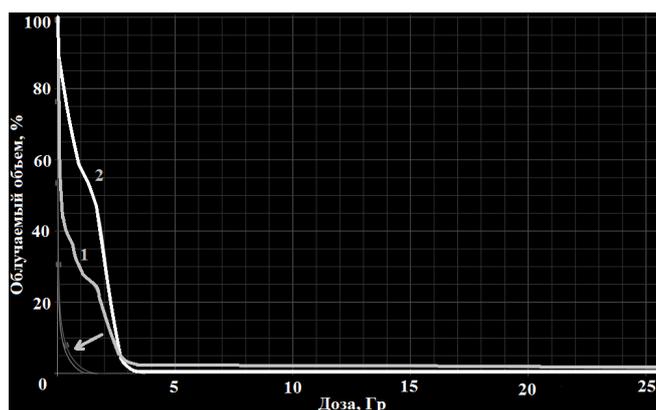


Рис.1. Гистограмма Доза-Объем облучения для кардиостимулятора (1) и электродов (2), построенная в планирующей системе VARIAN Eclipse 11.0

Однако на практике не всегда удается точно произвести расчет доз, получаемых ИЭКС и электродами, так как кардиоимплантаты на снимках компьютерной томографии (КТ) вызывают металлические артефакты, которые вносят погрешности в расчет доз, получаемых устройствами.

**Методика исследования.** Для решения данной проблемы в Масариковом онкологическом институте был протестирован MDT метод устранения артефактов на планах 9 онкологических пациентов [1]. При планировании радиотерапии использовались такие техники облучения, как 3D-CRT, IMRT, VMAT и SBRT. Планирование проводилось в системе планирования Eclipse 11.0 фирмы VARIAN.

На первом этапе были созданы планы облучения для 9 пациентов без применения MDT метода. Для этого были проконтурированы области опухоли и кардиоустройства. Затем для каждого пациента была выбрана энергия и техника облучения, а также были настроены поля. После чего были рассчитаны дозы, получаемые ИЭКС. На втором этапе эксперимента были созданы новые планы облучения для тех же пациентов с применением MDT метода. Для этого было проведено новое более точное контурирование и скопированы параметры старых планов облучения. После чего были получены новые значения распределения дозы на кардиоустройстве. В результате дозы, полученные до и после применения MDT метода, были сравнены и проанализированы.

**Результаты и обсуждение.** В таблице 1 представлены значения доз на кардиоустройствах до ( $D$ ) и после ( $D_{MDT}$ ) применения MDT метода, а также значения ошибок ( $\sigma$ ) измерения доз.

Таблица 1

Дозы, полученные на кардиоустройствах, до и после применения MDT метода

Пациент	$D$ , Гр	$D_{MDT}$ , Гр	$\sigma$ , %
№ 1	0,79	2,38	3,18
№ 2	0,92	0,95	0,09
№ 3	0,10	0,36	0,58
№ 4	5,56	4,42	1,63
№ 5	0,86	1,02	0,35

№ 6	2,06	2,38	0,80
№ 7	0,14	0,15	0,03
№ 8	1,32	1,35	0,15
№ 9	0,44	0,11	0,66

Анализируя полученные данные, самая большая ошибка в определении дозы, полученной ИЭКС, наблюдалась у пациента №1 и составляла 3,18 % от общей дозы. В большинстве случаев, в планах без обработки КТ изображений методом MDT, наблюдалась тенденция к занижению дозы. Более того у пациента №1 было обнаружено, что до применения MDT метода значение дозы на кардиоустройстве было меньше, чем 2 Гр, в то время как после применения данного метода доза оказалась более 2 Гр. Однако согласно европейскому руководству [2] пациенты, получающие дозу более 2 Гр, относятся к группе среднего риска, а менее 2 Гр – к группе низкого риска. MDT метод позволяет с большей точностью отнести пациента к правильной группе риска и улучшить качество наблюдения за пациентом.

На рисунке 2 можно визуально увидеть работу MDT метода устранения металлических артефактов. Очевидно, что качество КТ-изображений улучшилось за счет уменьшения количества металлических артефактов, при этом область с кардиоустройством соответствует его реальному виду.

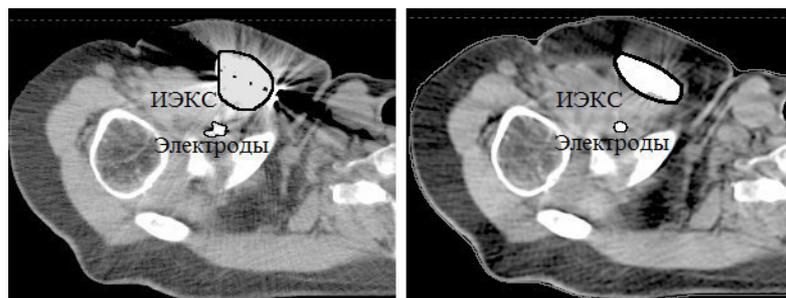


Рис.2. КТ-снимок до (слева) и после (справа) применения MDT метода

**Заключение.** Тестирование MDT метода показало недооценку дозы, получаемой кардиоустройствами, при этом ошибка в определении дозы на кардиоустройстве может превышать 3 % от общей дозы. Следовательно, точное контурирование почти невозможно без применения данного метода на практике. Более того MDT метод позволяет с большей точностью относить пациентов в правильную группу риска (согласно европейской рекомендации), что является важным, поскольку дальнейшее наблюдение за такими пациентами зависит от этого решения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boas F.E., Fleischmann D. CT artifacts: Causes and reduction techniques // Imaging Med. – 2012. – №4(2). – С. 229–240.
2. Beardmore C. Management of cancer patients receiving radiotherapy with a cardiac implanted electronic device: A clinical guideline // Society of Radiographers. – 2015. – С. 1–17.