

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОННЫХ ПУЧКОВ
ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРИ ТРЁХМЕРНОЙ ОЦЕНКЕ ДОЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

А.В.Вертинский^{1,2}, Е.С. Сухих^{1,2}, О.М. Стахова³

Научный руководитель: директор ИШФВП, д.ф.м.н. Л.Г. Сухих

¹Томский Областной Онкологический Диспансер,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 115, 634009

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Многопрофильный клинический медицинский центр «Медицинский город»,

Россия, г. Тюмень, ул. Барнаульская, 32, 625041

E-mail: a.v.vertinsky@tomonco.ru

**INFLUENCE OF PHOTON BEAMS GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE DOSIMETRIC
PLAN AT THREE-DIMENSIONAL EVALUATION OF THE DOSE DISTRIBUTION**

A.V.Vertinskiy^{1,2}, E.S.Sukhikh^{1,2}, O.M.Stahova³

Scientific Supervisor: Director of Research School of Physics, Dr. Sci. Phys-Math., L.G.Sukhikh

¹Tomsk Regional Oncology Center, Tomsk, Lenin str., 115, 634009

²National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

³"Multidisciplinary clinical medical center" Medical City, Tyumen, Barnaulskaya str.32, 625041

E-mail: a.v.vertinsky@tomonco.ru

Abstract. *The results of using a three-dimensional dosimetric system for evaluating plans with different geometrical parameters are presented in the article. The assessment was made on the basis of a comparison calculated in the treatment planning system and measured by dose loads on the target and the critical organ. The results of the study are presented in the table.*

Введение. Верификация планов лучевой терапии является неотъемлемой частью радиотерапевтической процедуры. Поскольку она позволяет убедиться, что рассчитанное в системе планирования дозовое распределение реализуется правильно. С внедрением в практику методики лучевой терапии с модуляцией по интенсивности фотонного излучения (IMRT/VMAT), характеризующиеся наличием областей с высоким градиентом дозы, для верификации вводились дозиметрические системы, состоящие из двумерных массивов измерительных датчиков (диоды/ионизационные камеры). Сравнение измеренных и рассчитанных дозовых распределений проводится по гамма-анализу, учитывающему одновременно дозовую погрешность и дистанцию. Основной недостаток гамма-анализа заключается в том, что он дает информацию только о точности реализации дозиметрического распределения в развертке массива детекторов, без возможности оценки распределения с клинической точки зрения, т.е. как дозовые ошибки сказываются на дозовую нагрузку в мишени опухоли и критических органах. В последующем появились системы, осуществляющие анализ дозового распределения в трёхмерном виде, предоставляя сведения о погрешности подведения дозы в органах пациента с помощью гистограммы «доза-объем» (Dose-volume histogram, DVH). Опираясь на эти сведения, оценка плана производится уже не только с технической части, но и клинической, поскольку

первоначально рассчитанный план, полностью удовлетворяющий предписанию, может быть не точно воспроизведен. Целью данной работы является исследование влияние изменения технических характеристик планирующей системы на точность воспроизведения терапевтического плана с помощью трёхмерной дозиметрической системы ArcCHECK и программного обеспечения 3DVH (оба Sun Nuclear Corp.) по нескольким параметрам гистограммы «доза-объем».

Материалы и методы. Для исследования были взяты 12 случаев стереотаксического облучения рака предстательной железы в режиме гипофракционирования с разовой дозой 7,25 Гр до суммарной очаговой дозы 36,25 Гр. Все планы были созданы на планирующей станции MONACO v 5.10.02 (Elekta AB) с применением объемной модуляции по интенсивности фотонных пучков (VMAT) с энергией 10 МВ.

На каждый клинический случай было сделано два терапевтических плана с разными параметрами геометрии пучков. Оба варианта базируются на двух взаимнообратных неполных арках с различным углом коллиматора. Два варианта основных технических характеристик геометрии пучков (арок), которые применяли в данном исследовании представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные геометрические параметры применяемых пучков (арок)

Параметр		Вариант №1	Вариант №2
Арка №1	Начальный угол гантри	240°	240°
	Угол поворота гантри	250°	250°
	Угол коллиматора	330°	10°
Арка №2	Начальный угол гантри	140°	140°
	Угол поворота гантри	250°	250°
	Угол коллиматора	315°	45°
Минимальная ширина сегмента		1 см	2 см

Для всех планов лечения были сгенерированы планы гарантии качества с применением дозиметрического фантома ArcCHECK с сохранением геометрии и мониторинговых единиц каждого пучка. Сравнительный анализ дозовых распределений осуществлялся с помощью программного обеспечения 3DVH.

Для расчёта действительного, а не спланированного, дозового распространения в исследуемых структурах использовалась программа 3DVH с функцией трёхмерного анализа дозового распределения на основе PDP-алгоритма (Planned Dose Perturbation). В 3DVH последовательно загружались DICOM файлы параметров и дозового распределения терапевтического плана, совместно с КТ-снимками и структурами пациента.

Анализ точности воспроизведения терапевтических планов осуществлялся на сравнении DVH покрытия мишени и критического органа, в данном случае прямая кишка. В идеальной ситуации дозовые показатели, например максимальная, минимальная и средняя дозы, между референсным значением и сравниваемым значением идентичны. Расхождение показателей в большую или меньшую сторону свидетельствует о существующем рассогласовании взаимосвязи ускорителя и планирующей системы (TPS). Пример обнаруженных расхождений одного из плана представлен на рисунке 1. В данном случае

очевидно превышение измеренной над спланированной дозой. В качестве опорных статистических величин DVH учитывались $V_{95\%}$ (мишень) >95%, $V_{110\%}$ (мишень) <2%, и D_{\max} (прямая кишка) <38,06 Гр.

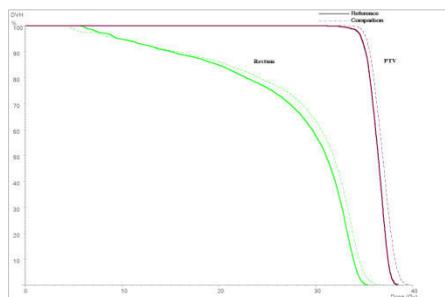


Рис 1. DVH представление анализа референсного (сплошная линия) и измеренного (пунктирная линия) дозовых распределений для мишени (PTV) и критического органа (Rectum/прямая кишка)

Результаты. В таблице 2 представлены средние значения параметров DVH для двух вариантов планов. Статистические данные $V_{95\%}$, $V_{110\%}$ и D_{\max} , рассчитанные на станции планирования по обоим вариантам геометрических настроек пучков, полностью удовлетворяют предписанным требованиям, причем среднее дозовое покрытие мишени первого варианта лучше второго. Результаты 3DVH демонстрируют увеличение дозового покрытия мишени и максимальной дозы на прямую кишку по сравнению с данными TPS. Среднее значение D_{\max} варианта 1 по 3DVH находится очень близко к критической 38,06 Гр. По факту же, превышение данного предела зафиксировано в 6 случаях из 12. При втором варианте превышения обнаружено не было и дозовая нагрузка на прямую кишку находится на приемлемом уровне.

Таблица 2

Средние значения статистических параметров дозового покрытия двух вариантов
терапевтического плана

Параметр статистики		TPS	3DVH
$V_{95\%}$ (PTV), %	Вариант 1	99,97	100,00
	Вариант 2	97,73	99,67
$V_{110\%}$ (PTV), %	Вариант 1	0,00	0,58
	Вариант 2	0,00	0,27
D_{\max} (прямая кишка), Гр	Вариант 1	36,70	38,05
	Вариант 2	36,03	36,94

Заключение. Применение трёхмерной системы верификации планов позволило оценить влияние изменение геометрии пучков в системе планирования на качество воспроизведение планов на линейном ускорителе. Было обнаружено, что при первом варианте лечения, среднее значение максимальной дозы на прямую кишку находится на границе толерантного уровня, а в некоторых случаях даже превышает. Данный вариант лечения менее предпочтителен, относительно первого. В дальнейшем планируется произвести оптимизацию геометрических параметров относительно каждой локализации.