

**СТЕРЕОТАКСИЧЕСКАЯ РАДИОТЕРАПИЯ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В РЕЖИМЕ  
ГИПОФРАКЦИОНИРОВАНИЯ (SBRT\VMAT) В ТООД**Е.В. Шеффрес

Научный руководитель: старший преподаватель ИЯТШ, к.ф.-м.н. Е.С. Сухих

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: [esheffres@yandex.ru](mailto:esheffres@yandex.ru)**STEREOTAXIC RADIOTHERAPY OF THE PROSTATE CANCER IN THE HYPOFRACTION  
MODE (SBRT \ VMAT) IN TOMSK REGIONAL ONCOLOGY CENTER**E.V.Sheffres

Scientific Supervisor: Ph.D. E.S. Sukhikh

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

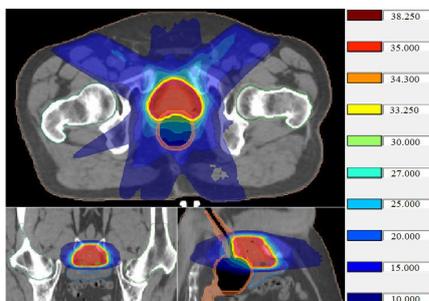
E-mail: [esheffres@yandex.ru](mailto:esheffres@yandex.ru)

***Abstract.** In the present study, we justified the use of the ArcCHECK diode array detector and 3DVH software for stereotaxic radiotherapy of the prostate cancer in Tomsk Regional Oncology Center.*

**Введение.** Для создания оптимального дозиметрического плана облучения, полностью удовлетворяющего международному предписанию к стереотаксической радиотерапии предстательной железы [1], необходимо иметь систему дозиметрического планирования с алгоритмом расчета дозы на основе метода Монте-Карло.

**Материалы и методы исследования.** В Томском областном онкологическом диспансере (ТООД) используется система дозиметрического планирования Мопасо (компания Elekta AB), для которой были созданы и верифицированы [2] модели фотонного пучка с энергией 6 и 10 МВ для ускорителя Elekta Synergy (компания Elekta AB). Благодаря комплексу системы Мопасо и высокотехнологичного электронного ускорителя Elekta Synergy стало возможно осуществлять стереотаксическое лечение для любой локализации тела пациента.

На рисунке 1 представлен дозиметрический план лечения, полностью удовлетворяющий международным требованиям по степени локального контроля опухоли и степени повреждения критических органов и нормальных тканей.



*Рис. 1. Дозиметрический план лечения, созданный в системе Мопасо с использованием методики доставки дозы с высокой объемной модуляцией интенсивности излучения для предстательной железы в режиме гипофракционированного облучения*

Однако нужно отметить, что распределение дозы в объеме мишени и критических органов пациента, которое продемонстрировано на рисунке 1, не является окончательно достоверным. Причина состоит в том, что система дозиметрического планирования использует модель фотонного пучка с определенным алгоритмом расчета, который имеет свои допустимые уровни неопределённости.

Чтобы убедиться в том, что дозиметрический план лечения на ускорителе будет соответствовать плану, представленному в системе планирования, его необходимо верифицировать на самом терапевтическом ускорителе. Для этого нужен дозиметрический фантом с высокой точностью измерения распределения дозы для реального лечебного плана и приближенный к форме тела пациента. Цилиндрический дозиметрический фантом ArcCHECK, который используется в ТООД с сентября 2017 года, подходит под эти критерии и имеет ряд преимуществ, таких как: 1) простота в установке (не более 5 минут), 2) отсутствие зависимости чувствительности детекторов от угла падения пучка излучения (не теряется информация о полном распределении), 3) высокое пространственное разрешение, что позволяет проводить верификацию маленьких полей с высоким градиентом дозы (размер диода  $0,64\text{мм}^2$  в отличие от размера ионизационной камеры  $3\text{мм}^2$ ) и др.

Таким образом, при использовании в клинической практике VMAT (модуляция интенсивности излучения по объему мишени во время ротации терапевтической головки аппарата), только ArcCHECK позволит достоверно, без потери информации, показать реальную картину распределения дозы в пациенте с учетом всех особенностей терапевтического аппарата.

Для переноса реального рассчитанного дозиметрического плана на верифицирующий дозиметрический фантом, в систему Monaco была экспортирована модель цилиндрического фантома ArcCHECK с соответствующей электронной и физической плотностью для корректного расчета дозы.

На рисунке 2 представлено распределение реального дозиметрического плана без искажений в модели цилиндрического фантома ArcCHECK в системе Monaco (версия 5.1).

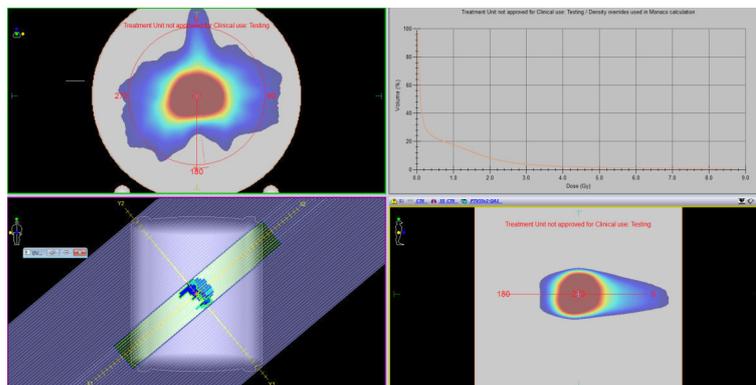


Рис. 2. Распределение реального дозиметрического плана без искажений (сохраняется: угол гантри и коллиматора, число мониторинговых единиц, отпущенных на весь план ускорителем) в цилиндрическом фантоме ArcCHECK в системе Monaco (версия 5.1)

Программное обеспечение 3DVH для цилиндрического фантома ArcCHECK позволяет проводить сравнение реального плана лечения и рассчитанного системой планирования. Результаты сравнения представляются в виде наложения двух гистограмм доза-объем (DVH), которые дают информацию о дозовой нагрузке на объем органа или мишени.

3DVH включает в себя различные модули для анализа характеристик пучка: 1) измерение отклонений радиационного изоцентра пучка относительно механического изоцентра, в зависимости от

угла гантри, 2) проверка воспроизводимости динамического плана и изменения параметров плоскостности и симметрии пучка, в зависимости от угла гантри, 3) анализ скорости вращения гантри и определение ошибки установки угла гантри, 4) алгоритм определения угла наклона гантри, под которым был доставлен терапевтический пучок на основе анализа входной и выходной дозы, 5) возможность увеличения разрешения до 5 мм с использованием функции слияния измерений, 6) возможность измерения планов с продольным размером до 36 см с использованием функции слияния измерений, и др.

При сравнении трехмерной дозы плана облучения и скорректированной трехмерной дозы, полученной измерением с ArcCHECK, в геометрии пациента используются следующие критерии: 1) оценка суммарного распределения в плане с использованием 3D DTA критерия, 2) оценка суммарного распределения в плане с использованием 3D Гамма индекса, 3) сравнения гистограмм «доза-объем», 4) оценка распределения в конкретном оконтуренном органе с использованием 3D DTA критерия, 5) оценка распределения в конкретном оконтуренном органе с использованием 3D Гамма индекса.

На рисунке 3 представлено сравнение планов лечения.

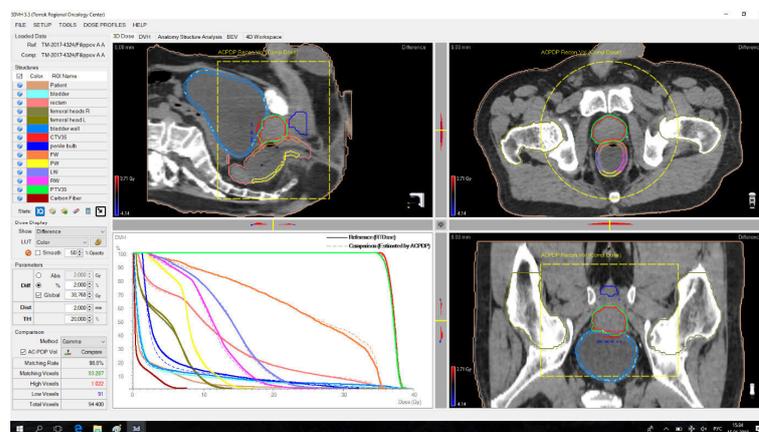


Рис. 3. Сравнение измеренного с помощью ArcCHECK и рассчитанного дозиметрического плана лечения с помощью Мопасо в виде двух гистограмм доза-объем (DVH)

**Выводы.** Цилиндрический дозиметрический фантом ArcCHECK и программное обеспечение 3DVH необходимы радиологическому отделению. Они позволяют не только повысить качество лучевой терапии, но и проводить проверки аппарата с высокой точностью. Верификация реального плана лечения происходит без искажений и менее чем за 5 минут с анализом причин несовпадения плана по необходимым критериям отбора. Благодаря форме дозиметрического фантома, которая имитирует форму пациента, верифицируемый план не искажается и полностью соответствует плану лечения, рассчитанного в системе планирования (значения углов стола, гантри, коллиматора остаются как в плане).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Benedict S.H., et al., Stereotactic body radiation therapy: the report of AAPM Task Group 101. Med Phys, 2010. 37(8): p. 4078-101.
2. Commissioning and quality assurance of computerized planning systems for radiation treatment of cancer. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2004. p. ; 24 cm. — (Technical reports series, ISSN 0074-1914 ; no. 430)