

**ИССЛЕДОВАНИЕ INVITRO «ФОТОН-ЗАХВАТНОЙ» ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ НА ПУЧКЕ
CO-60 ГАММА-ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА**

О.В. Тхорик, Е.С. Сухих

Научный руководитель: доцент ОЯТЦ, к.ф.-м.н. Е.С. Сухих

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: oxana.tkhorik@gmail.com

**INVESTIGATION OF INVITRO «PHOTON-ENFORCEMENT» RADIATION THERAPY
ON A BEAM OF THE CO-60 GAMMA-THERAPEUTIC EQUIPMENT**

O.V. Tkhorik, E.S. Sukhikh

Scientific Supervisor: associate professor of the nuclear fuel cycle department, PhD, E.S. Sukhikh

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

E-mail: oxana.tkhorik@gmail.com

***Abstract.** Radiation therapy is one of the most commonly used methods of influence on malignant neoplasms. However, it has several disadvantages. One of the main problems of radiation therapy is to reduce the dose of radiation pertaining to critical organs, but, at the same time, an increase in energy release directly into the tumor. Currently, scientists around the world are working to solve this problem. The most promising of the current developments is the «photon-capture» therapy. Under photon irradiation conditions, due to the introduction into the tumor of drugs based on drugs containing metals with a high atomic number (from 53 and above), additional energy release occurs in the target due to secondary radiation.*

Введение. В настоящее время довольно остро стоит вопрос об эффективности лечения злокачественных и доброкачественных новообразований. Современная лучевая терапия нуждается в постоянной модернизации. Одним из наиболее передовых методов фотонной лучевой терапии является фотон-захватная терапия (ФЗТ). Термин «фотон-захватная терапия» (ФЗТ) предложен В.Ф. Хохловым [1] по аналогии с процессами, протекающими при нейтрон-захватной терапии. Физический принцип ФЗТ основан на увеличении локального энерговыделения в биологической ткани, при наличии в ней специальных препаратов, содержащих «тяжелые» элементы (с большим атомным номером Z), при облучении фотонами. В результате взаимодействия фотонного излучения с «тяжелыми» элементами число вторичных частиц увеличивается. Именно за счет этого дозовая нагрузка на опухоль значительно увеличивается. К достоинствам фотон-захватной терапии, в сравнении с традиционными методами лучевой терапии, относится то, что подведение необходимой терапевтической дозы к биологической мишени (опухоль) осуществляется созданием определенной концентрации препарата, а не нацеливанием и фокусировкой пучка излучений.

Важным элементом лучевой терапии является дозиметрическое планирование. В случае ФЗТ расчетные методы оценки формирования дозового поля излучения в биологической ткани определяются количественным описанием двух процессов: динамикой распространения в биологической ткани

введенного препарата и формированием поля излучений и последующего энерговыделения в ткани с учетом изменения концентрации препарата [1].

Целью данной работы является изучение *in vitro* биологического эффекта лучевой терапии в присутствии доз-дополняющего агента (цисплатина) на пучке излучения гамма-терапевтического аппарата Theratron Equinox 100 с изотопом Co-60 с энергией фотонов 1,25 МэВ.

Материалы и методы исследования. Для подтверждения данной гипотезы были проведены ряд экспериментов и компьютерного моделирования по анализу эффективности ФЗТ при заданной энергии. В первую очередь были проведены измерения глубинного распределения дозы в водном фантоме Blue Phantom на аппарате Theratron Equinox 100 (Рис. 1). Гамма-терапевтический аппарат Theratron Equinox 100 - это внешняя система, предназначенная для проведения лучевой терапии [2]. Theratron предназначен для доставки назначенной дозы радиации на определенный участок тела заданным способом (фиксированное лечение или лечение с перемещающимся пучком, с использованием устройств модификации пучка или без них и т.д.). В качестве источника выступает ^{60}Co .



Рис.1 Гамма-терапевтический аппарат TheratronEquinox [2]

После чего была создана математическая модель головки аппарата Theratron Equinox 100 в 3-х мерной системе моделирования взаимодействия излучения с веществом в программе PCLab. Данная программа предназначена для моделирования методом Монте-Карло процессов распространения электронов, позитронов, фотонов и протонов в веществе, визуализация этих процессов распространения на экране дисплея и получение численных результатов взаимодействия (например, альbedo, коэффициентов пропускания частиц, энергетических и угловых распределений частиц, распределений поглощенной энергии в веществе, дозы за защитой и т.д.).

Было проведено моделирование глубинных распределений поглощенной дозы в воде в условиях, максимально приближенных к тем, при которых проводилась клиническая дозиметрия аппарата при вводе его в эксплуатацию. В результате сравнения дозовых распределений, полученных в эксперименте и при моделировании, убедились в хорошем согласии дозовых кривых между собой. Получили данные о спектральном составе первичного и вторичного излучения как в воде/ культурном флаконе.

Далее необходимо подготовиться к самому эксперименту. В системе XiO были рассчитаны дозовые распределения, полученные клетками в культурном флаконе. Клетки «HeLa» помещались в культурный флакон равномерным слоем толщиной 1 см. Облучение было спланировано таким образом, чтобы добиться максимально равномерного распределения дозы по объему клеток для разово дозы 2, 4, 6, 8 и 10 Гр. Аналогичным образом проводилось облучение культурных флаконов с равной концентрацией цисплатина.

В программе PCLab провели моделирование эксперимента с облучением культурных флаконов в присутствии цисплатина.

Результаты. В программе PCLab рассчитали спектры первичных и вторичных частиц в объеме культурного флакона для планируемой геометрии эксперимента. Также в данной программе рассчитали изменение дозы в растворе доз-дополняющих агентов по сравнению с чистым физическим раствором при облучении фотонами Co-60 со спектром, сходным со спектром аппарата.

После этого провели сравнение глубинных распределений дозы полученных в результате эксперимента и при моделировании. На основании полученных кривых можем сделать вывод о высокой сходимости экспериментальных и смоделированных данных.

Далее необходимо оценить клональную выживаемость клеток при радиобиологическом эксперименте. Для этого необходимо построить графики клональной выживаемости клеток на основе линейно-квадратичной модели.

Заключение. В конечном итоге, на основании экспериментальных и смоделированных данных, ожидается подтверждение гипотезы о высокой эффективности ФЗТ в сравнении с фотонной лучевой терапией на пучке Co-60 гамма-терапевтического аппарата Theratron Equinox 100.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.Н. Шейно, П.В. Ижевский, А.А. Липенголец. Основание фотон-захватной терапии злокачественных новообразований // Саратовский научно-медицинский журнал. - 2013. - №4
2. Руководство пользователя Theratron Equinox. - IN/OM2068(RUS) - Канада: 2008. - С. 159.