

**ПРОТОКОЛ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ ОБЛУЧЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВЫ И ШЕИ
TREATMENT PLANNING PROTOCOLS
FOR HEAD AND NECK TUMORS IRRADIATION**

**А. И. Макарова^{1,2}, М. Н. Петкевич^{1,2}
N. I. Makarava^{1,2}, M. N. Piatkevich^{1,2}**

¹*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
nasyaollessik1994@gmail.com*

²*РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова, п. Лесной, Республика Беларусь
nasyaollessik1994@gmail.com*

¹*Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

²*National Cancer Center of Belarus*

С целью обеспечения высококачественной лучевой терапии в Республиканском научно-практическом центре онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова группой медицинских физиков разработан первый в Беларуси локальный протокол для дозиметрического планирования опухолей головы и шеи. Протокол содержит практические, обоснованные рекомендации при планировании облучения пациентов с опухолями головы и шеи с применением современных линейных ускорителей электронов, основанные на многолетнем клиническом опыте работы квалифицированных медицинских физиков.

In order to provide high-quality radiation therapy at the National Cancer Center of Belarus, a group of medical physicists developed the first local protocol in Belarus for radiotherapy treatment planning of head and neck tumors patients. The protocol contains grounded practice-oriented recommendations based on the long-term clinical experience of qualified medical physicists in treating patients with head and neck tumors for irradiation using modern linear accelerators.

Ключевые слова: лучевая терапия, опухоли головы и шеи, протоколы дозиметрического планирования, медицинский физик, методики облучения.

Keywords: radiation therapy, head and neck tumors, treatment planning protocols, medical physicist, radiation techniques.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-66-69>

Во всем мире злокачественные новообразования головы и шеи в среднем являются причиной 650 000 новых случаев онкологических заболеваний и 330 000 смертей ежегодно. В 2018 году заболевания опухолей головы и шеи заняли седьмое по распространенности в мире: было зарегистрировано 890 000 новых случаев и 450 000 человек умерли от этого [1]. Средняя 5-летняя выживаемость после постановки диагноза в развитом мире составляет 42-64 % [2].

В группу опухолей головы и шеи (ОГШ) входят новообразования различной гистологической структуры следующих локализаций: губа и полость рта; глотка: ротоглотка, носоглотка, гортаноглотка; гортань: надсвязочный отдел, средний отдел (область голосовых складок), подсвязочный отдел; полость носа и околоносовые пазухи; первично неопределяющаяся карцинома с метастазами в шейные лимфоузлы; злокачественная меланома верхних отделов желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей; большие слюнные железы; щитовидная железа.

Для лечения пациентов, страдающих злокачественными новообразованиями головы и шеи, используют все методы лечения: хирургическое, лучевое и химиотерапия. Результаты лучевого лечения пациентов с опухолями губы и слизистой оболочки полости рта I–II стадии в целом сопоставимы с хирургическим методом. Распространенные опухоли на III–IV стадиях лечат с использованием лучевой терапии в виде пред-и/или послеоперационного воздействия с целью создания более благоприятных условий для радикального хирургического вмешательства и уменьшения числа рецидивов. В качестве основного метода лечения лучевая терапия также применяется при нерезектабельных опухолях или высоком риске хирургического вмешательства [3].

В работах [4,5] показана необходимость создания протоколов, которые включают в себя рекомендации действий медицинского физика на всех этапах проведения дистанционной лучевой терапии, как сложного многоэтапного процесса. С целью повышения качества лучевой терапии, уменьшения времени нахождения персонала и пациентов в зоне радиационного воздействия во время сеансов лучевой терапии, оптимизацию работы медицинского физика разработан настоящий протокол дозиметрического планирования облучения пациентов с опухолями головы и шеи.

В процессе разработки протоколов проведён анализ зарубежных рекомендаций по планированию лучевой терапии, в результате создана уникальная структура локальных протоколов, адаптированная к региональным особенностям проведения лучевого лечения.

Протокол включает в себя:

- анатомию локализации;
- предлучевую подготовку, в том числе рекомендуемое позиционирование пациента и использование специальных иммобилизирующих приспособлений, предназначенных для фиксации и комфортного воспроизводимого положения пациента во время всех сеансов лучевой терапии;
- критерии определения и нанесения объемов облучения и критических органов;
- описание современных методик планирования, физико-технические указания и требования к планированию облучения, конфигурацию углов пучков облучения, методы обратной оптимизации дозиметрического планирования;
- подходы к обоснованному выбору плана облучения, базирующимся на критериях оценки гомогенности и конформности дозового распределения в мишени, дозовой нагрузки на критические органы и ткани.

Предлучевая подготовка пациента начинается с получения объемной анатомической информации о пациенте с помощью использования компьютерной томографии, при этом границы сканирования определяются от макушки черепа или орбито-меатальной линии до рукоятки грудины. Для снижения дозы на слизистую полости рта возможно использование дополнительных приспособлений (пробка, каппа, «bite block» и др.). Положение пациента во время сканирования: лежа на спине, руки располагаются вдоль тела. Голова должна находиться в немного запрокинутом положении, так чтобы подбородок пациента находился достаточно высоко и далеко от шеи, а шейный отдел позвоночника был максимально распрямлен. Такое положение обеспечивает максимальное исключение спинного мозга из зоны планируемого объема облучения. Плечи должны быть максимально оттянуты книзу, чтобы открыть шею и надключичные ямки [3].

Затем определяются основные объемы мишеней облучения:

- GTV – весь определяемый диагностическими методами объем опухолевого поражения, включающий пораженные опухолью лимфоузлы,
- клинический объем облучения CTV – структура, включающая объем GTV и дополнительные зоны высокого риска распространения опухоли, обычно до 1 см во всех направлениях,
- планируемый объем облучения PTV – структура, которая включает CTV и 0,3-0,5 см во всех направлениях в зависимости от применяемых средств иммобилизации и методик лучевого лечения.

В протоколе описаны три методики дозиметрического планирования ОГШ: 3Д КЛТ – трехмерная конформная лучевая терапия, ЛТМИ – лучевая терапия с модуляцией интенсивности, СЛТМИ – секторная лучевая терапия с объемной модуляцией интенсивности. Выбор методики облучения обусловлен анатомическими особенностями пациента, аппаратным оснащением радиологического отделения, наличием соответствующего квалифицированного персонала, временем облучения и предъявляемых требований к дозовым нагрузкам на здоровые критические органы и нормальные ткани в каждом отдельном клиническом случае.

В рекомендациях описан один из способов создания плана с помощью методики 3Д КЛТ:

- расположение пучков ионизирующего излучения (рис.1),
- выбор энергии излучения углов поворота коллиматора и гентри,
- примеры формирования полей с помощью многолепесткового коллиматора,
- расстановка весовых коэффициентов для каждого поля облучения,
- возможности применения клиновидных фильтров.

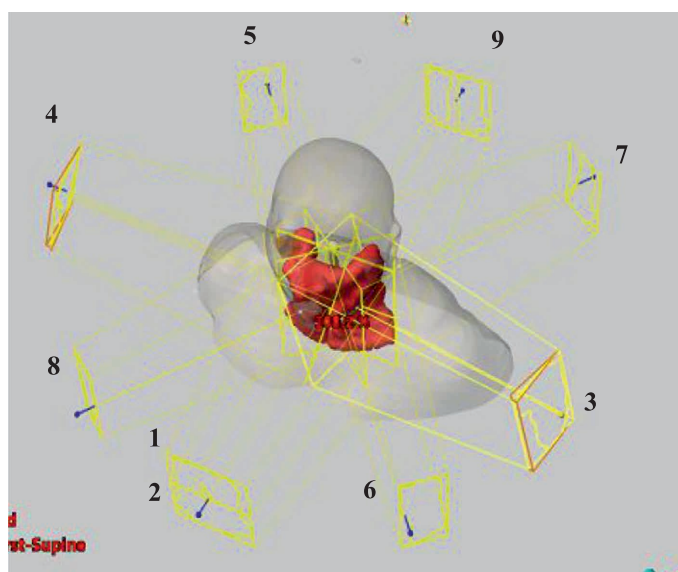


Рис. 1 – Пример расстановки полей при планировании облучения опухолей головы и шеи методом 3Д КЛТ

Описание планирования облучения с помощью методик ЛТМИ и СЛТМИ включает:

- способы расположения пучков ионизирующего излучения (рис.2),
- примеры их формирования,
- необходимые дополнительные структуры для обратного планирования;
- примеры планируемых дозовых пределов и способы их достижения в процессе управления оптимизацией обратного планирования;
- критерии гомогенности и конформности дозового распределения в мишенях облучения и дозовые нагрузки на окружающие здоровые ткани и критические органы.

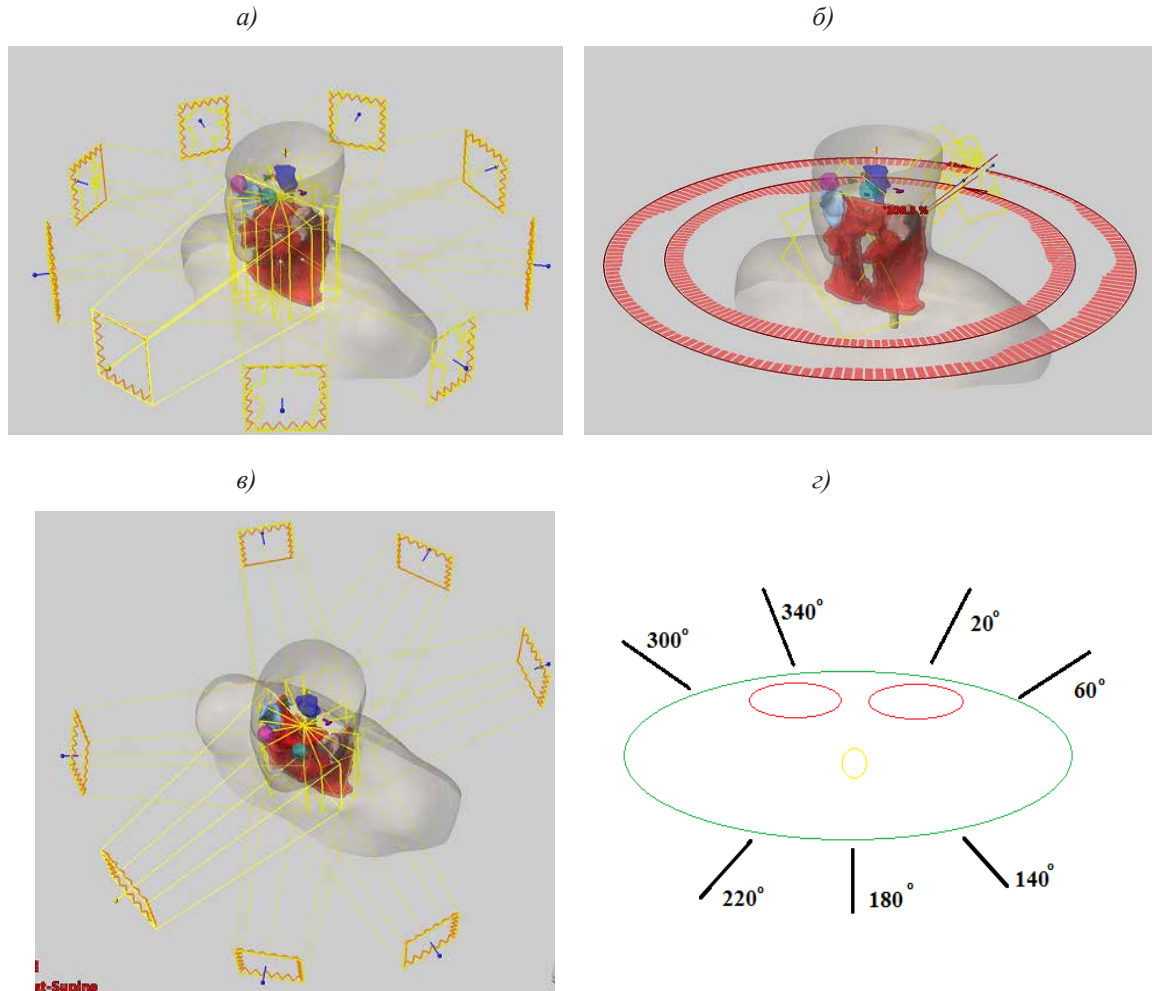


Рис. 2 – а) пример расстановки 9 полей облучения опухолей головы и шеи с помощью IMRT методики, б) пример высокотехнологичной методики VMAT при планировании облучения опухолей головы и шеи, в), е) схема расстановки 7 полей облучения опухолей головы и шеи с помощью IMRT методики, с целью уменьшения дозовой нагрузки на надплечья и времени сеанса облучения

Завершающим этапом планирования облучения оцениваются дозиметрические параметры плана лучевого лечения. Используя гистограмму «доза-объем», медицинским физиком производится количественный анализ:

- дозовых нагрузок на критические органы с учетом вероятности их повреждения согласно RTOG клиническим протоколам и QUANTEC,
- дозового распределения в планируемом объеме PTV согласно международным критериям оценки (99% объема PTV покрывается 90% от предписанной дозы, 95% – 95%), согласно ICRU 83.

Визуальная оценка дозового распределения производится по каждому срезу на трансверсальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях диагностических изображений.

Радиационный онколог совместно с медицинским физиком ставят одобрения на лечебный план, затем производится верификация плана на линейном ускорителе с помощью использования фантома или портала, в случае успешной проверки и получения 95% и выше совпадения дозового распределения планов полученным на ЛУЭ и на системе планирования, пациент начинает сеансы лечения на гамма терапевтическом оборудовании дистанционной лучевой терапии.

Разработка и внедрение нормативно-регламентирующей документации медицинского персонала позволяет эффективно и безопасно реализовать все процедуры предлучевой подготовки и лучевого лечения пациента, повысить качество лечебного процесса, оптимизировать работу специалистов и уменьшить время нежелательного

нахождения персонала и пациентов в сфере ионизирующего излучения. Внедрение в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова протоколов дозиметрического планирования РПЖ позволило оптимизировать систематический подход на всех этапах проведения лучевой терапии, регламентировать все технические и физические аспекты планирования и облучения пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Laura Q. M.* Head and Neck Cancer. / Q. M. Laura, M. D. Chow // *New England Journal of Medicine*. – 2020. – P. 60–72.
2. *Beyzadeoglu, M.* Radiation Therapy for Head and Neck Cancers: A Case-Based Review / M. Beyzadeoglu, G. Ozyigit, U. Selek. – London : Springer, 2015. – 243 p.
3. Клинический протокол «Алгоритмы диагностики и лечения злокачественных новообразований» : постановление Министерства Здравоохранения Респ. Беларусь, 6 июля 2018 г., № 60.
4. *Piatkevich, M. N.* Development of methodical recommendations for the establishment of physical and technical support for external radiation therapy procedures / M. N. Piatkevich, N. I. Makarava, E. V. Titovich, V. F. Malishevskiy // IX International Scientific Conference for Young Scientists, Graduates, Master and PhD Students «Actual Environmental Problems». – 2019. – P. 197.
5. *Piatkevich, M. N.* Development of methodical recommendations regulating the selection of external beam radiation therapy technique and parameters of treatment planning / M. N. Piatkevich, N. I. Makarava, E. V. Titovich, V. F. Malishevskiy, M. S. Mayorava // IX International Scientific Conference for Young Scientists, Graduates, Master and PhD Students «Actual Environmental Problems». – 2019. – P. 198.

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ, СФОРМИРОВАННОЙ НА ОСНОВЕ НАНОПЛЕНОК СЕРЕБРА РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ, ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИММУНОХИМИЧЕСКИХ ТЕСТ-СИСТЕМ

THE OPTICAL PROPERTIES STUDY OF THE SOLID PHASE FORMED BASED ON VARIOUS STRUCTURES SILVER NANOFILMS, OPTIMIZED FOR THE IMMUNOCHEMICAL TEST SYSTEMS

**Я. И. Мельникова¹, А. А. Щербович¹, И. В. Коктыш¹,
О. С. Кулакович², А. А. Романенко², С. А. Маскевич¹
Y. Melnikova¹, A. Scherbovich¹, I. Koktysh¹,
O. Kulakovich², A. Ramanenka², S. Maskevich¹**

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь

²Институт физики им. Степанова НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
scherbovich.a.a@gmail.com

¹Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus,

²B. I. Stepanov Institute of Physics, Minsk, Republic of Belarus

С использованием различных методов осаждения наночастиц серебра на полиэлектролиты ПДАДМАХ и поли-L-лизин созданы твердофазные плазмонные нанопленки. Проанализированы спектры оптической плотности и оценены оптические отклики сигнала флуоресценции комплексов «серебряная нанопленка – полиэлектролит – IgG-FITC». Установлено, что максимальный оптический отклик регистрируется для нанопленок серебра, полученных с помощью методики осаждения серебряных частиц в течение суток. При этом максимумы оптической плотности расположены в интервале 412-414 нм. При формировании на поверхности полученных пленок комплексов «наночастица серебра-полиэлектролит-IgG-FITC» для всех трех серебряных подложек регистрируется длинноволновое смещение их спектров оптической плотности плазмонного возбуждения на 14-18 нм.

Solid-phase plasmonic nanofilms were created using various sedimentation methods of silver nanoparticles on polyelectrolytes PDADMAC and poly-L-lysine. The spectra of optical density are analyzed and the optical responses of the fluorescence signal of the complexes “silver nanofilm - polyelectrolyte - IgG-FITC” are estimated. It was found that the maximum optical response is recorded for silver nanofilms obtained using the technique of silver particle sedimentation during the day. The optical density maxima are located in the interval 412-414 nm. During the formation of the silver nanoparticle-polyelectrolyte-IgG-FITC complexes on the surface of the films