

## III ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНГРЕСС РАТРО “100 ЛЕТ РАЗВИТИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ” В РАМКАХ II МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА ОНКОЛОГИИ И РАДИОЛОГИИ

23–26 сентября 2019 г., Москва

### Секция медицинской физики

Внедрение инновационных технологий радиотерапевтического лечения позволяет существенно снизить частоту и выраженность лучевых реакций и повышает качество жизни онкологических больных. Важную роль во внедрении новейших технологических решений играют медицинские физики. В связи с этим значительное время на секции медицинских физиков 26 сентября было уделено физико-техническому обеспечению лучевой терапии (ЛТ) и инновационным решениям. Было заслушано ряд интереснейших сообщений ведущих специалистов в области медицинской физики и новых разработок.

В ярком эмоциональном докладе Т.А. Крыловой с соавт. “Статус разработки и дальнейшие перспективы развития отечественного ускорительного комплекса лучевой терапии ОНИКС” рассказано об этапах реализации проекта по созданию комплекса. В создании комплекса задействованы АО “НИИТФА” совместно с МГУ им. М.В. Ломоносова и ФГБУ НМИЦ радиологии “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” МЗ РФ при финансовой поддержке Росатома и Минобрнауки. Разработка ведется в сотрудничестве с медицинским сообществом, начиная с составления медико-технических требований до проведения клинических испытаний. Главным медицинским куратором разработки является ФГБУ НМИЦ радиологии “Националь-

ный медицинский исследовательский центр радиологии” МЗ РФ во главе с главным онкологом РФ А.Д. Каприным. Для решения непростой задачи собрана прекрасная команда молодых, но уже опытных специалистов.

Разрабатываемый радиотерапевтический комплекс “Оникс” содержит как аппаратные, так и программные модули, и является законченным решением для различных задач лучевой терапии. Радиотерапевтический комплекс на базе ускорителя электронов с номинальной энергией фотонного излучения 6 МэВ будет применяться для реализации современных методик дистанционной ЛТ. Генерируемый пучок тормозного излучения можно использо-



Рис. 1. Руководители и организаторы Конгресса

вать как с выравнивающим фильтром, так и без него. В том числе, и для реализации стереотаксического облучения.

Основными особенностями “Оникса” являются:

- ✓ ускорительная система на основе компактного ускорителя электронов пятисантиметрового диапазона длины волны, твердотельного модулятора и многолучевого клистрона, обеспечивающего высокую надежность и стабильность работы изделия;
- ✓ компьютерная томография в конусном пучке, позволяющая осуществлять качественную прецизионную укладку пациента на терапевтическом столе, включая 4D КТ;
- ✓ возможность получения изображения в мегавольтном пучке с энергией 2,5 МэВ;
- ✓ многолепестковый коллиматор с параметрами 102/120/160 лепестков;
- ✓ терапевтический стол с шестью степенями свободы;
- ✓ оптическая система сканирования поверхности для реализации технологии облучения пациента с синхронизацией по дыханию пациента;
- ✓ цифровая система управления ускорителем, гантри, столом и другими компонентами, включающая автоматическую систему блокировок, соответствующую новейшим технологиям зарубежных аналогов.

Одной из задач, решаемых в ходе проекта, является уход от импортных компонент за счет собственных разработок. Экспериментальный образец комплекса содержит примерно 65 % российских компонент. В опытном образце эта цифра достигнет около 80 % за счет отечественной разработки стола и многолепесткового коллиматора. Опытный образец должен быть готов к 2020 г. В настоящее время разрабатывается программа и методика технических испытаний на соответствие “Оникса” всем параметрам медико-технических требований.

Доклад А.Н. Моисеева с соавторами посвящен чрезвычайно актуальной и имеющей огромное значение теме практической реализации программы гарантии качества. Автор рассказал об организации автоматизированной системы контроля качества в отделении радиотерапии ООО “Медскан”, которая успешно реализована с помощью модулей CarePath онкологической информационной системы Agia производства компании Varian и muQA Machines производства компании IBA

Dosimetry. Основным достижением данной работы является программирование логики работы этих модулей и создание шаблонов под стандартные операционные процессы конкретного отделения.

Данное решение успешно используется в ООО “Медскан” уже несколько лет, и позволяет вести прозрачное отслеживание продвижения пациента по технологической цепи радиотерапии, контролировать график, очередность и выполнение необходимых задач, включая рутинные проверки оборудования. При этом из-за сложности настройки и изменений в работе происходит постоянная эволюция указанных систем для соответствия текущим клиническим процессам и задачам.

Результаты очередных оригинальных экспериментальных исследований были предложены А.Ю. Смысловым от коллектива физиков из ФГБУ РНЦ РР МЗРФ “Особенности верификации стереотаксических планов облучения на ускорителе TrueBeam в интервале до 14 Гр”. В работе рассмотрены проблемы, возникающие при индивидуальной верификации планов облучения по технологии VMAT на ускорителях Varian при переходе от обычного облучения к стереотаксическому. Рассмотрены возможные способы их решения.

Для верификации планов облучения по технологии VMAT использовали матрицу диодов MapCHECK-2 (SunNuclearCorporation), установленную в устройстве изоцентрической фиксации. Так как терапевтическая доза в мишени составляла 12 Гр, проверка линейности отклика диодов матрицы проведена в диапазоне доз до 14 Гр. Использованы пучки фотонов 6 МВ и 10 FFF МВ (FFF – без фильтра) в интервале мощностей дозы до 2400 МЭ/мин. Для каждой точки интереса пучков выбранного качества рассчитывали отношение отклика к числу подведенных МЭ и среднеквадратичное отклонение. Для пучка 6 МВ оно составило 0,15 %, для 10 FFF – 0,05 %. Аналогично оценивали стабильность отклика в одинаковой дозе при разных значениях мощности дозы. Среднеквадратичное отклонение составило 0,45 % и 0,40 % для 6 МВ и 10 FFF соответственно. Процент прохождения гамма-индекса точек по области с порогом 10 % при использовании критерия 3 %/3 мм составил 100 %.

Основным недостатком матрицы как средства верификации планов стереотаксического VMAT облучения является ее неполное пространственное разрешение. Программное



**Рис. 2.** Лекцию читает И.Н. Завестовская



**Рис. 3.** Академик В.П. Смирнов и проф. В.А.Титова

обеспечение матрицы потенциально позволяет удваивать ее пространственное разрешение путем проведения дополнительного измерения со смещением матрицы и последующего слияния результатов. Для полноценной реализации этого метода необходима модификация устройства IMF фирмой-изготовителем, а в качестве временного варианта предложено после центрирования матрицы на нужную точку фиксировать наложенную тканеэквивалентную пластину и матрицу специальным способом. Результаты суммирования данных, полученных при смещении оси пучка относительно оси матрицы на 5 мм по оси X или Y, позволяет улучшить пространственное разрешение и приблизить результат обработки к расчетным данным.

В докладе из НИЯУ МИФИ И.Н. Завестовской представлены не имеющие аналогов в мире результаты в области ядерной наномедицины. Полученные данные позволяют создавать новые радиофармпрепараты и технологии лучевой диагностики и терапии на основе использования биodeградируемых наночастиц и систем. Это основа для создания агентов доставки радионуклидов и сенсibilизаторов при лечении онкологических и других социально значимых заболеваний.

В качестве носителя для радионуклидов выбран нанокремний, синтезированный с применением лазерных технологий абляции в жидкости и позволяющий получать коллоидные растворы наночастиц кремния со стабильными размерами и контролируруемыми биофотонными свойствами. Уникальность наночастиц кремния связана с их биodeградируемостью, что позволяет быстрое выведение их из организма в течение нескольких дней (даже в слу-

чае достаточно больших частиц с размером 30–80 нм) при полном отсутствии каких-либо токсических последствий. Наночастицы кремния протестированы в качестве носителей для перспективных применений радионуклидов  $^{188}\text{Re}$ ,  $^{68}\text{Ga}$ . Продемонстрирована возможность конъюгации лазерно-синтезированных кремниевых наночастиц с радионуклидом  $^{188}\text{Re}$ . Показано, что наноконъюгаты эффективно доставляют радионуклиды с потоком крови в опухоль и эффективно удерживают радионуклиды в опухоли. Это позволяет получать максимальный терапевтический эффект, продемонстрированный на крысах. Выживаемость крыс-опухоленосителей составила 72 % по сравнению с контрольной группой.



**Рис. 4.** Академик Ю.С. Мардынский (справа) и проф. Е.В. Хмелевский



Рис. 5. Докладывает проф. А.П. Черняев

Проект реализует международный коллектив, в состав которого входят представители НИЯУ МИФИ, иностранных институтов и университетов, институтов РАН, Росатома и Минздрава РФ, что позволяет реализовать проект от фундаментальной идеи к производству и внедрению продукта в медицинскую практику.

В докладе А.П. Черняева с соавт. с физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедры физики ускорителей и радиационной медицины НИИЯФ МГУ им. Д.В. Скобельцина и лаборатории пучковых технологий и медицинской физики были освещены проблемы подготовки и переподготовки медицинских физиков на базе МГУ. Отмечена роль медицинских физиков, которые отвечают за обеспечение необходимой точности при подведении дозы ионизирующего излучения к опухоли с минимальным поражением критических органов, а также за контроль качества и безопасность лучевого лечения. Для успешной работы таких специалистов необходима широкая и специфическая подготовка. Отмечено, что в настоящее время в РФ всего около 640 штатных медицинских физиков, а инженерно-технического персонала менее 300 сотрудников. Для того, чтобы выйти на среднеевропейский уровень кадрово-

го обеспечения лечебных заведений, число медицинских физиков в нашей стране необходимо увеличить в 4 раза.

В России подготовкой медицинских физиков занимается три ВУЗа: МГУ им. М.В. Ломоносова, ТПУ и НИЯУ МИФИ. На физическом факультете МГУ ежегодно выпускается 20 специалистов, в НИЯУ МИФИ – 30, а в ТПУ – 7. Всего в МГУ подготовлено более 100 медицинских физиков, из них 70 работает в медицинских учреждениях.

С 2017 г. в МГУ начала работать программа профессиональной переподготовки длительностью 530 часов, которую прошли 32 человека, в том числе 10 из Узбекистана. Она дает возможность дипломированным специалистам из смежных специальностей получить необходимые знания и профессиональные компетенции для работы медицинским физиком. Кроме того, все медицинские физики в процессе своей работы должны проходить повышение квалификации, так же как и врачи, раз в 5 лет. Курсы повышения квалификации медицинских физиков проводят МГУ, АМФР совместно с МАГАТЭ и РМАНПО и ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Программу повышения квалификации в МГУ длительностью 144 часа проходят 17 человек в год, в РМАНПО – 75 человек, а в МАГАТЭ – 68 человек в год.

Заседание секции медицинских физиков на форуме проходило с большим интересом со стороны присутствующих в зале специалистов, задавались вопросы, звучали комментарии. Как всегда, большой интерес вызывала тема разработки отечественного ускорителя. Подобные обсуждения способствуют обмену опытом и рождению новых профессиональных идей.

*И.М. Лебеденко  
НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина*