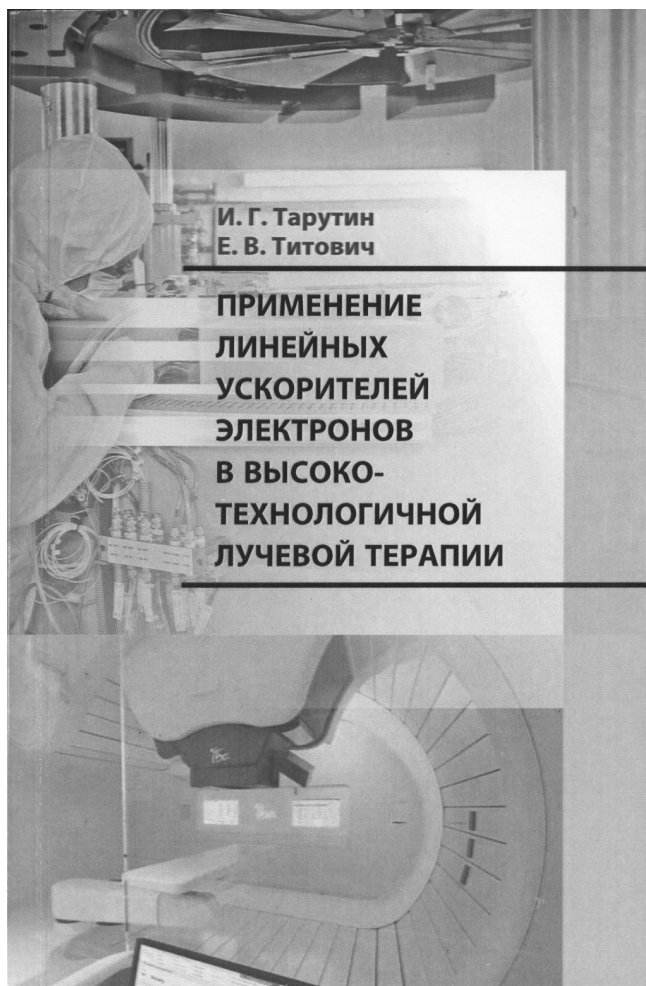


И.Г. Тарутин, Е.В. Титович
**“ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ
ЭЛЕКТРОНОВ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ
ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ”**

Минск: Изд. “Белоруская наука”, 2014, 175 с.



Лучевая терапия (ЛТ) является одним из ведущих методов лечения злокачественных новообразований. Она применяется как само-

стоятельно при ранних стадиях развития опухолевого процесса, так и в сочетании с хирургическим и/или химиотерапевтическим методами при местно-распространенных опухолях.

Как отмечают авторы монографии, эффективность лучевого лечения в решающей степени определяется двумя основными факторами: во-первых, правильным выбором физико-технических условий облучения с использованием современных технических достижений и их воспроизведением в процессе фракционированного облучения в течение всего курса лучевой терапии. При этом ошибки закономерно сопровождаются повреждением пограничных с опухолью здоровых тканевых структур. Вторым требованием является обязательное установление в отделениях лучевой терапии системы гарантии качества облучения. От выполнения этого требования непосредственно зависит повышение качества оказываемых медицинских услуг.

Программа гарантии качества лучевой терапии представляет собой систему мероприятий, направленных на соблюдение качества технологического процесса лучевого лечения на всех его этапах. Для обеспечения гарантии качества лучевой терапии исключительно важным становится контроль качества применяемого оборудования, и, в первую очередь, медицинских ускорителей электронов и всего комплекса оборудования, применяемого в лучевой терапии, что является ключевым элементом оптимизации радиационной защиты пациентов.

Медицинские линейные ускорители электронов (ЛУЭ) с максимальной энергией генерации электронов и тормозного излучения 18–20 МэВ являются в настоящее время основным типом аппаратов, применяемых для высокотехнологичного дистанционного облучения. По данным авторов монографии, в 2013 г. в мире работало около 15 тысяч медицинских ЛУЭ.

К сожалению, в русскоязычной литературе практически полностью отсутствует учебная и методическая литература с описанием принципов конструкции и физико-дозиметрического и организационного обеспечения лучевой терапии с использованием ЛУЭ. Этот пробел, к великой радости всех специалистов, работающих в области лучевой лечения больных злокачественными заболеваниями, имеющих современные ЛУЭ или ожидающие его появления в своем учреждении, восполняет монография белорусских медицинских физиков И.Г. Тарутина и Е.В. Титовича “Применение линейных ускорителей электронов в высокотехнологичной лучевой терапии”. Они уже много лет занимаются проблемами, связанными с созданием и внедрением в клинику как отечественных (марки ЛУЭВ и ЛУЭР), так и зарубежных (Varian, Electa) медицинских ЛУЭ.

В предисловии к монографии авторы отмечают, “все клиники, имеющие в своем распоряжении современные ЛУЭ, обязаны иметь квалифицированный клинический и технический персонал, способный следить за всем технологическим процессом лучевой лечения и уделять большое внимание радиационной защите пациентов. Поэтому установление в отделениях лучевой терапии системы гарантии ее качества является обязательным”.

Контроль качества ЛУЭ нового поколения потребовало разработки специальных дополнений к существующим нормативам по гарантии качества ЛУЭ. Такая работа проводится постоянно в РНЦП “Институт онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова” в Минске.

В монографии рассматриваются проблемы контроля качества лучевой терапии с применением высокотехнологичной техники, куда относится верификация алгоритмов расчета дозы, расчета количества мониторинговых единиц для индивидуального плана облучения, контроль положения пациента во время облучения, а также организация контроля качества работы ЛУЭ и его сервисного обслуживания.

В первой главе описана история развития аппаратов типа ЛУЭ, в том числе описаны отечественные аппараты, созданные в НИИЭФА (С-Пб), работавшие в клинике с 1968 г. Описанный материал объясняет начинающим физикам и врачам, почему мы работаем сейчас на аппаратах в основном зарубежных фирм (Varian, Electa).

В главе 2, посвященной описанию современных ЛУЭ, авторы подразделяют все медицинские ЛУЭ по принципу конструкции и назначения на 4 группы:

1. Ускорители традиционной конструкции
2. ЛУЭ для спирального облучения
3. ЛУЭ, расположенные на роботизированном манипуляторе.
4. Ускорители электронов для интраоперационного облучения.

Для каждого вида ЛУЭ описаны принципиальная схема конструкции и его составные части. Представлена схема вывода и формирования пучка фотонов. Подробно описаны характеристики аппаратов Varian и Electa, конструкции многолепестковых коллиматоров, системы получения транзитных (портальных) изображений в мегавольтном и киловольтном пучках, системы синхронизации облучения с циклом дыхания. Далее описаны современные аппараты для томотерапии, стереотаксического и интраоперационного облучения.

В главе 3 сформулированы принципы методов планирования и осуществления методик облучения, которые можно проводить на описанных ЛУЭ, имеющих соответствующее программное обеспечение. Это метод 3D конформной лучевой терапии (3D CRT), облучение с модулированной интенсивностью в статическом и ротационном режиме (методы IMRT и VMAT), метод лучевой терапии с контролем по изображениям (IGRT) и 4D облучение, синхронизированное с дыхательным циклом пациента. Отмечены недостатки метода IMRT: увеличение времени подготовки и планирования облучения, увеличение длительности сеанса, сложности в обеспечении контроля качества самого облучения.

Очень важный вопрос – оценка реализации высокотехнологичных методов облучения. Здесь отмечается, что расчет оптимальных планов сложных клинических случаев даже на самых последних компьютерах занимает несколько часов. Насколько точно можно реализовать рассчитанный план – предмет дозиметрической проверки выбранных условий облу-

чения в специальных фантомах. Оценка дозовых характеристик рассчитанного плана можно осуществлять с помощью трех описанных методов: с помощью гистограмм доза – объем, дозиметрического контроля *in vivo* и метода гамма-индексирования.

Глава 4 посвящена контролю качества ЛУЭ, цель которого обеспечить оценку функциональных характеристик оборудования, влияющих на геометрическую и дозиметрическую точность подведения дозы. Цель этих процедур – обеспечить постоянство заданных характеристик и физических параметров, установленных во время ввода оборудования для клинического применения. Отмечено, что в мировой литературе встречается много противоречивых рекомендаций, особенно в отношении частоты проверок и применяемых для этого приборов и вспомогательного оборудования, а также оценки погрешности полученных результатов. Поэтому совершенно необходима адаптация всех документов к местным условиям с учетом состояния проверяемых аппаратов, имеющегося парка контрольных приборов и т.д. Кроме того, существующие протоколы гарантии качества ЛУЭ не охватывают контроль таких новых систем и характеристик ЛУЭ, как работа МЛК, систем получения портальных изображений и др.

Отмечены 5 групп характеристик, подлежащих контролю, и периодичность его проведения. Добавлены характеристики новых ЛУЭ, подлежащие тестированию, а именно: проверка скоростей и ускорений вращения штатива при применении методик VMAT (в том числе Rapid Arc), характеристик скорости и синхронного движения, точности установки пластин МЛК при разных углах наклона штатива при применении методик IMRT. Особое внимание уделено контролю функционирования МЛК, штативов ускорителей, систем EPID и других систем контрольной визуализации.

Глава 5 “Виды верификационных мероприятий в высокотехнологичной лучевой терапии” начинается с важного определения. “Ве-

рификация – это проверка, способ подтверждения, контроль с помощью доказательств каких-либо теоретических положений, алгоритмов, программ и процедур путем их сопоставления с опытными (эталонными или эмпирическими) данными”. Здесь выделяется три группы верификационных мероприятий: верификация расчета дозового распределения, доставки (подведения к мишени) дозового распределения и положения пациента во время облучения. Приведены критерии приемлемости плана при проведении верификации и образец протокола.

Глава 6 посвящена вопросам эксплуатации ЛУЭ, организации их работы и сервисного обслуживания. Интересны приведенные данные по количеству аппаратов в разных странах и данные по продолжительности сеансов облучения при использовании разных методик лучевой терапии, на основании которых можно определить пропускную способность аппарата в каждом конкретном учреждении.

Отдельная глава 7 посвящена острой для стран СНГ проблеме обеспечения отделений лучевой терапии квалифицированными кадрами медицинских физиков.

В целом, можно сказать, что данная книга вышла очень своевременно. Она заполняет пробел в знаниях физиков, работающих или собирающихся работать с высокотехнологичным оборудованием для лучевой терапии. Книга читается легко, написана хорошим языком, иллюстрирована рисунками (33) и таблицами (15). В конце приведен список литературы в виде ссылок на печатные издания и на публикации, которые можно прочесть в Интернете. Это прекрасный учебник для студентов и курсантов школ по повышению квалификации. Я надеюсь, что книга станет настольной у всех специалистов, работающих в области высоких технологий лучевой терапии. Большое спасибо авторам за их прекрасный труд!

Т.Г. Ратнер
РОНЦ им. Н.Н. Блохина