

Отечественный медицинский синхротрон «Прометеус»

- ФТЦ, ФИАН, Протвино

Комплекс протонной терапии «ПРОМЕТЕУС» ФТЦ ФИАН (г. Протвино) представляет собой высокотехнологическую медицинскую установку российского производства для лечения новообразований у онкологических больных с использованием методики дистанционной радиационной терапии. Разработан под руководством члена-корреспондента РАН В.Е. Балакина.

В отличие от своих основных зарубежных аналогов, производства американской компании Varian Medical Systems и бельгийской Ion Beam Applications (такими комплексами снабжены протонные центры в Санкт-Петербурге и Димитровграде, соответственно), которые основываются на циклотронах, отечественный ускорительный комплекс использует в качестве основного своего инструмента – *протонный синхротрон*. Внешний вид ускорительной части комплекса «Прометеус» представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид протонного синхротрона комплекса протонной терапии «Прометеус» ФТЦ ФИАН (Протвино). Характеристики: Энергия пучка - 30-250(330) Мэв $\pm 0.15\%$; Интенсивность пучка -10^9 с^{-1} ; Время ускорения до макс. энергии – 1 сек.; Медленный выпуск пучка в диапазоне – 0.1-10 сек.; Средняя потребляемая мощность 50 кВт

Синхротрон – наиболее физически и технически продвинутый вид циклических ускорителей частиц. В отличие от циклотрона синхротрон позволяет ускорять частицы до нужной энергии в каждом цикле, что позволило реализовать технологию активного сканирования узким карандашным пучком на уровне самого ускорителя. Что, в свою очередь, позволило исключить из состава комплекса замедлители протонного пучка, коллиматоры и компенсаторы, которые становятся радиоактивными в процессе эксплуатации и требуют специальной утилизации.

Протонная терапия – наиболее безопасный метод лучевой терапии. Протоны обладают характерным и качественно отличным профилем глубинной дозы при воздействии на ткань. В отличие от традиционной лучевой терапии, при которой энергия пучка

равномерно рассеивается по мере прохождения через ткани, пучок протонов переносит свою максимальную энергию в точно заданную область, причиняя минимальный ущерб здоровым тканям вокруг опухоли. Таким образом, можно подавать высокую конформную дозу облучения в место, где располагается опухоль, используя точно нацеленный луч, перемещаемый в трех плоскостях.

Главной особенностью протонной терапии относительно других методов лучевой терапии является точность доставки дозы. Реализованная методика облучения узким карандашным пучком и система выбора энергии облучения обеспечивают точность, недоступную конкурентам. Шаг выбора энергии на ускорителе «Прометеус» составляет 0,1 МэВ, что делает возможным планирование процедуры облучения в направлении распространения пучка с субмиллиметровой точностью. Размер пучка в ортогональной плоскости составляет не более 3 мм для 150 МэВ.

Максимально достижимая энергия на отечественном синхротроне в 330 МэВ делает возможным его использование для разработки новой перспективной технологии протонной томографии всего тела человека. Данные возможности также не доступны для прямых конкурентов.

Комплексы протонной терапии «Прометеус» выпускает в Российской Федерации ЗАО «Протом». Они ориентированы на установку в крупных, но не специализированных больницах и онкологических диспансерах, и не требуют строительства отдельных зданий, подведения специализированной инфраструктуры. Малые размеры самого ускорителя, внешний диаметр составляет 5 метров, и вес всей установки, не превосходящий 15 тонн, позволяют размещать комплекс в сравнительно небольших помещениях с минимальным набором защитных элементов. Для сравнения аналогичные ускорители ИВА весят порядка 200 тонн.

Ориентированность на использование современных автоматизированных и роботизированных средств иммобилизации и позиционирования пациента позволили ЗАО «Протом» отказаться от использования громоздких магнитных систем позиционирования протонной пучка типа гантри. Данный факт, совместно с технологиями ЗАО «Протом» в сфере производства ускорителей, позволили поставлять комплекс по самой низкой цене на рынке и производить его установку за самое короткое время (несколько недель).

Физические и конструктивные особенности установки позволили сделать ее самой экономичной с точки зрения потребления электроэнергии, а значит и самой экологичной на рынке. Среднее потребление электроэнергии «от розетки» ускорителем в режиме терапии составляет 30 кВт.

К настоящему времени изготовлено 12 установок Балакина, находящихся в разных стадиях. Полностью готовые установки имеются в Протвино, Обнинске и две в США. Готовятся установки для поставки в Израиль, Словакию, Австралию и Китай.

Комплексом протонной терапии «Прометеус» оснащен МРНЦ имени А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» в г. Обнинск. Комплекс включает синхротрон и системы формирования терапевтического пучка, укладки и фиксации пациента, рентгеновской томографии для точного позиционирования пациента и 3D-планирования терапии. На рис. 2 представлен процесс подготовки пациента к процедуре облучения.



Рис. 2. Процесс подготовки пациента к процедуре облучения протонным пучком ускорительной системы «Прометеус» в МРНЦ им. Цыба в Обнинске. 100% выпущенного пучка достигает опухоли; 1-2 мин – иммобилизация и верификация; 1-5 мин – облучение. Общее время процедуры 7-10 мин. Максимальный размер поля облучения не менее 400 x 400 мм. Мощность дозы не менее 0,1 Гр/мин, не более 15,0 Гр/мин. Возможность облучения с 1 или 36 полей. Метод наведения пучка на объект - горизонтальный пучок с 3D сканированием. Максимальный пробег в теле пациента не менее 30 см

ФТЦ ФИАН совместно с МРНЦ накопили пятилетний опыт использования комплекса в клинических условиях, а результаты показали эффективность и надежность установки при лечении рака головы и шеи. При наличии развитой инфраструктуры пропускная способность установки может составить более 700 человек в год. В марте 2017 г. КПП «Прометеус» был лицензирован для облучения всего тела человека.

Высокая надежность и простота в управлении позволяет обслуживать комплекс минимальным количеством персонала, а именно одним оператором и одним медицинским физиком за смену. А разработанная высококвалифицированными специалистами программа планового обслуживания позволяет производить все технические работы в выходные дни, когда облучение пациентов не производится.

Резюмируя все вышеперечисленное, стоит отметить, что комплексы протонной терапии ЗАО «Протом» являются единственным отечественным продуктом способным конкурировать с зарубежными аналогами на их рынках, а также закрыть вопрос высокотехнологичной протонной лучевой терапии на уровне нашей страны.