

«Ионная» терапия рака

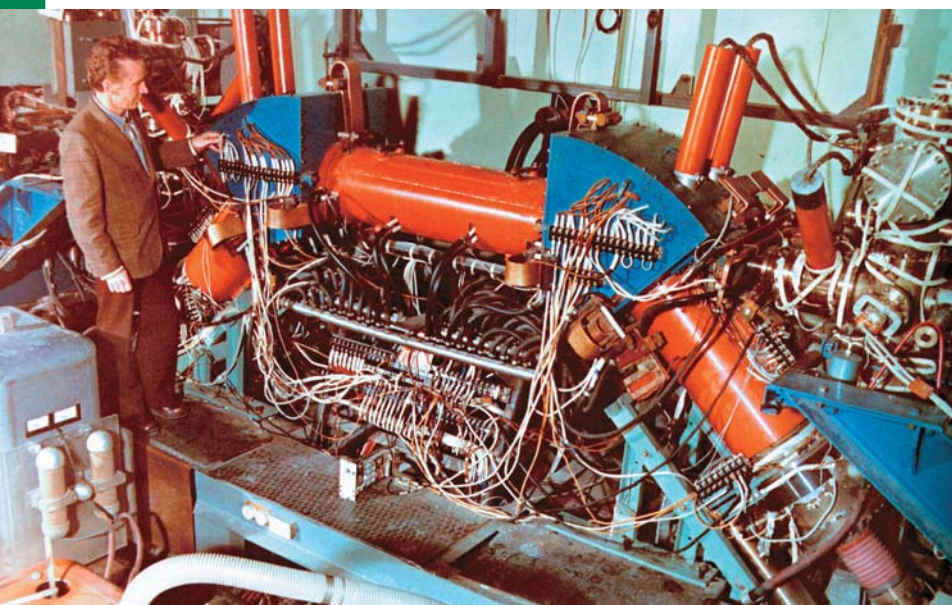
Установки электронного охлаждения ионных пучков, созданные в Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск), используются в комплексе для лечения онкозаболеваний высокоэнергичным пучком ионов углерода. Этот метод, гораздо более эффективный и безопасный по сравнению с обычной рентгенотерапией, в 2009 г. уже опробован в КНР, где показал хорошие результаты

Метод электронного охлаждения ионных пучков был предложен еще в 1966 г. академиком Г.И. Будкером. Эту идею, поначалу встреченную скептически, удалось осуществить десять лет спустя. В экспериментах, которые были проведены в ИЯФе, температуру протонного пучка удалось уменьшить с нескольких миллионов до нескольких десятков градусов по Кельвину, а его диаметр – с нескольких сантиметров до долей миллиметра. В дальнейшем этот метод стал широко применяться во многих мировых ускорительных центрах.

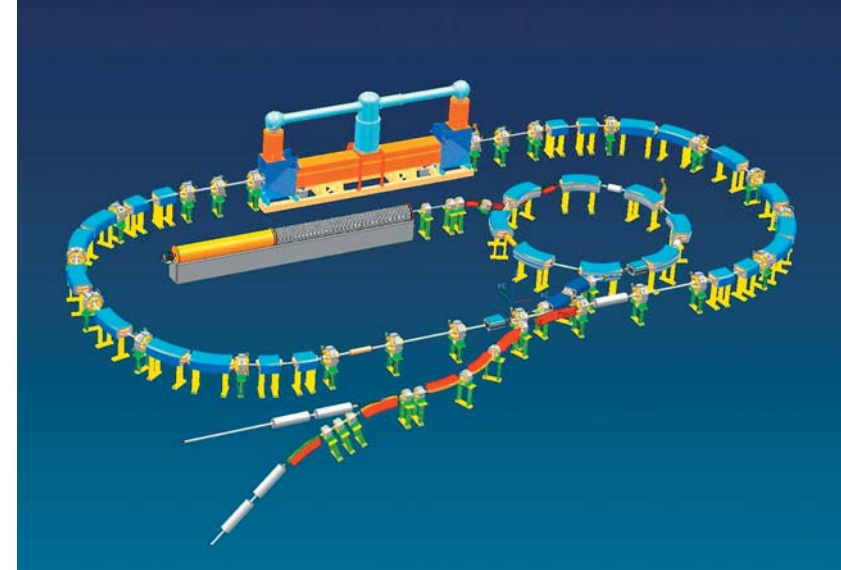
Ионные пучки такого качества нужны для решения как фундаментальных, так и прикладных задач. Сегодня в мире создано несколько десятков установок, основанных на этом методе и служащих для различных целей. Самая крупная из них охлаждает антипротонный пучок на протон-антипротонном комплексе ТЭВАТРОН в США (электронный охладитель для антипротонов создавался командой выходцев из ИЯФа).

В течение многих лет специалистами из Института ядерной физики продолжались работы по развитию метода электронного охлаждения. Но отсутствие спроса на высокотехнологическую продукцию внутри страны стало поводом для выхода на внешний рынок – производство установок по контрактам началось для Германии, Китая, Швейцарии. Первая из них была создана для немецкого синхротрона SIS-18 с целью повышения интенсивности редких ионов. Она работает до сих пор, и в 2009 г. использовалась в экспериментах по накоплению редких ионов рутения (кстати, открытого в 1844 г. и названного в честь Руси Карлом Клаусом, немцем, работавшем тогда в Казанском университете). В 2007 г. еще одна установка для охлаждения ионов свинца, созданная в ИЯФе, заработала в инжекционном комплексе самого большого коллайдера ЛНС, построенном в Женеве.

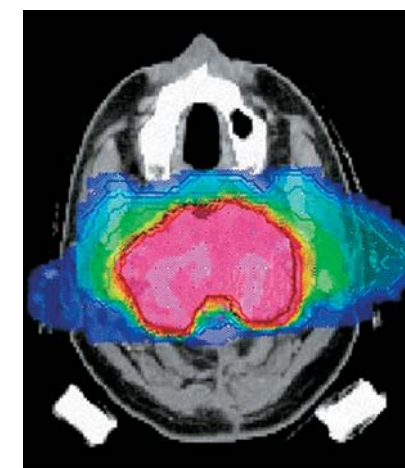
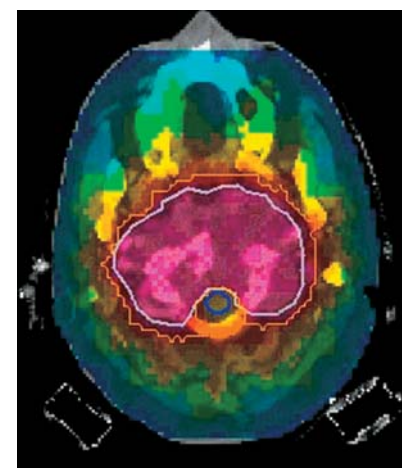
Но особо актуальна возможность применения метода электронного охлаждения в медицине, а именно



Первая в мире установка электронного охлаждения. Справа сверху показан атомарный пучок с диаметром менее 1 мм, возникающий в результате рекомбинации и прошедший расстояние 10 м до попадания на пленку. Угловой разброс пучка существенно меньше 10^{-5} , а температура в сопутствующей системе составляет порядка 10 К



Проект углеродного комплекса для лечения рака с использованием метода электронного охлаждения. Ионы углерода ускоряются в небольшом линейном ускорителе и инжектируются в кольцевой бустер. Оттуда они направляются в основное кольцо с электронным охлаждением, где и накапливаются, затем снова посредством охлаждения, направляются в каналы распределения



Компьютерный план распределения дозы, полученный при использовании рентгеновской терапии с девяти направлений (слева), и углеродной терапии с двух направлений (справа). Видно, что доза, полученная здоровыми тканями, при рентгеновской терапии значительно больше, чем при ионной. Более четкий контур высокой дозы при применении ионной терапии позволяет получать хороший терапевтический эффект за счет быстрого восстановления прилегающих к опухоли тканей

в онкологии. При обычной терапии рентгеновскими лучами максимум дозы облучения достигается на момент входа пучка излучения в тело пациента, однако по мере достижения опухоли она заметно снижается. Для компенсации этого эффекта облучение производят со многих направлений, в результате чего опухоль получает максимальную дозу, а облучение здоровых тканей не достигают опасного предела, хотя и достаточно велико.

В случае использования высокоэнергичного пучка ионов ситуация складывается иным образом. По мере торможения пучка в теле пациента ионизация возрастает, и максимальный разрушающий эффект наблюдается в зоне опухоли. Малый размер ионного пучка позволяет легко его фокусировать, направляя из различных положений на участок ракового поражения. Это дает возможность сконцентрировать большую плотность излучения только в новообразовании, при этом сводя ее к минимуму в здоровых тканях.

Ключевые слова: охлаждение пучков, ионная терапия, медицинские ускорители.
Key words: beam cooling, cooler, ion therapy, medical accelerators

В Китайском научном центре IMP (провинция Ланджоу) создан ионный комплекс с двумя установками электронного охлаждения, сконструированными и построенными в ИЯФ СО РАН. В 2009 г. на них было проведено лечение первых десятков больных, которое дало хорошие результаты. Правительство провинции выделило крупные средства на создание специализированного центра углеродной терапии. Подобных установок в России нет, и если в ближайшие годы аналогичное финансирование не будет выделено, наши соотечественники, нуждающиеся в антираковой терапии, будут вынуждены обращаться за ней за границу.

Литература

Будкер Г.И., Скрипский А.Н. *Электронное охлаждение и новые возможности в физике элементарных частиц* // УФН. 1978. Т. 124. С. 561.

Parkhomchuk V. V., Skrinisky A. N. *Cooling Methods for Charged Particle Beams* // *Reviews of Accelerator Science and Technology*. 2008. V.1. P. 237–257.

Патент № 93026, «Ускорительный Комплекс для терапии рака протонными и ионными пучками» зарегистрирован 20 апреля 2010 г.

Чл.-корр. В.В. Пархомчук (Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск)