

**МИФИ**

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНЖЕНЕРНО-  
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

60 лет МИФИ  
1942 – 2002



## НАУЧНАЯ СЕССИЯ МИФИ-2002

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМ 5

- БИОФИЗИКА
- ГЕОФИЗИКА
- МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА
- ЭКОЛОГИЯ
- ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Москва 2002

Л. М. БАРКОВ, Б. Ф. БАЯНОВ, В. П. БЕЛОВ,  
Ю. И. БЕЛЬЧЕНКО, М. А. БОХОВКО<sup>1</sup>, Г. Е. ДЕРЕВЯНКИН,  
Г. И. ДИМОВ, А. С. ДОНИН, А. Н. ДРАНИЧНИКОВ,  
В. Н. КАРАСЮК, В. Н. КОНОНОВ<sup>1</sup>, О. Е. КОНОНОВ<sup>1</sup>,  
Н. К. КУКСАНОВ, Г. С. КРАЙНОВ, А. С. КРИВЕНКО,  
В. Е. ПАЛЬЧИКОВ, М. В. ПЕТРИЧЕНКОВ, В. В. ПРУДНИКОВ,  
В. Я. САВКИН, Р. А. САЛИМОВ, Г. И. СИЛЬВЕСТРОВ,  
А. Н. СКРИНСКИЙ, Г. Г. СМИРНОВ<sup>3</sup>, И. Н. СОРОКИН,  
А. С. СЫСОЕВ<sup>2</sup>, С. Ю. ТАСКАЕВ, М. А. ТИУНОВ,  
С. Н. ФАДЕЕВ, В. В. ШИРОКОВ

*Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск*

<sup>1</sup>*ГНЦ РФ Физико-энергетический институт, Обнинск*

<sup>2</sup>*Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск*

<sup>3</sup>*РФЯЦ Институт технической физики, Снежинск*

## ОСНОВАННЫЙ НА УСКОРИТЕЛЕ ИСТОЧНИК НЕЙТРОНОВ ДЛЯ НЕЙТРОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ

Нейтрон-захватная терапия рака привлекает всё возрастающее внимание благодаря высокой биологической эффективности, избирательности и достигнутому прогрессу в клинических испытаниях на реакторах.

Для действительно широкого внедрения данной методики в лечебную практику был предложен оригинальный нейтронный источник на основе компактного и недорогого ускорителя, которым можно было бы оснастить практически каждую онкологическую клинику [1]. Суть предложения состоит в следующем. Пучок отрицательных ионов водорода инжектируется в электростатический ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией, и после перезарядки отрицательного иона водорода в протон в перезарядной мишени на выходе из тандема формируется протонный пучок, ускоренный до энергии, соответствующей удвоенному потенциалу высоковольтного электрода. При сбросе протонного пучка на литиевую мишень в результате пороговой реакции  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$  генерируется поток нейтронов. При энергии протонов 2,5 МэВ образующиеся нейтроны имеют широкий спектр энергий вплоть до 790 кэВ и терапевтический нейтронный пучок формируется с помощью замедлителей, коллиматоров и отражателей. Наиболее привлекательный режим генерации нейтронов реализуется при энергии протонов 1,9 МэВ, что на 20 кэВ выше порога реак-

ции. В этом случае рожденные нейтроны имеют низкую среднюю энергию  $\sim 30$  кэВ, направлены вперед и могут быть прямо использованы для терапии. Отличительными особенностями проекта являются получение 40 мА протонного пучка, обеспечивающего время экспозиции в десятки минут для достижения необходимой терапевтической дозы 20 Гр.

В настоящее время ведутся работы по всем составным частям предложенного источника нейтронов. Осуществлена генерация 5 мА стационарного пучка отрицательных ионов водорода из поверхностно-плазменного источника с пеннинговской геометрией электродов. Разрабатывается проект тандемного поверхностно-плазменного источника с мультипольными магнитными стенками. Проводится численное моделирование транспортировки пучка отрицательных ионов водорода. Рассмотрены различные варианты перезарядной мишени [2] и определена мишень для реализации. На модернизированном имеющемся 1 МэВ ускорителе-тандеме проведены эксперименты по изучению высоковольтной прочности и автоэмиссионной нагрузки вакуумных зазоров с электродами большой площади [3]. Началось проектирование 2,5 МэВ ускорителя-тандема и его сооружение в выделенном 3-х уровневом защищенном зале [4]. Собран источник напряжения 1,25 МВ на основе секционированного выпрямителя ускорителя электронов ЭЛВ. Предложены и рассмотрены несколько вариантов нейтронообразующих мишеней [5] и изготовлен первый образец мишени с жидкометаллическим охлаждением [4]. Изготовлен теплообменник с водяным охлаждением и насос для прокачки жидкометаллического теплоносителя. Ведутся расчеты пространственно-энергетического распределения нейтронов источника и сопутствующего  $\gamma$ , пространственного распределения поглощенной дозы и оптимизация физической защиты.

#### Список литературы

1. *Vayanov B. et al.* Accelerator based neutron source for the neutron-capture and fast neutron therapy at hospital. Nucl. Inst. And Meth. In Phys. Res. A 413/2-3.1998. 397-426.
2. *Деревянкин Г. Е и др.* Перезарядная мишень 40 мА 2 МэВ ускорителя-тандема. Препринт ИЯФ 2001-23. Новосибирск. 2001.
3. *Belchenko Yu. et al.* APAC'01 Second Asian Particle Accelerator Conference. September 17-21, 2001, Beijing, China.
4. *Belchenko Yu et al.* Proc. of IV ISTC Scientific Advisory Committee Seminar on "Basic Science in ISTC Activities". Akademgorodok, Novosibirsk, April 23-27, 2001, p. 138-147.
5. *Belov V. et al.* Neutron producing target for neutron capture therapy. Proc. 9<sup>th</sup> Intern. Symp. on Neutron Capture Therapy for Cancer, October 2-6, 2000, Osaka, Japan, P. 253.