

## УСКОРИТЕЛЬ-ТАНДЕМ С ВАКУУМНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ДЛЯ БОР-НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ И ДРУГИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

*М.И. Бикчурина<sup>1,2</sup>, Т.А. Быков<sup>1,2</sup>, Г.Д. Верховод<sup>1,2</sup>, И.И. Ибрагим<sup>2,3</sup>, Д.А. Касатов<sup>1,2</sup>,  
А.И. Касатова<sup>1,2</sup>, Я.А. Колесников<sup>1,2</sup>, В.Д. Коновалова<sup>1,2</sup>, А.М. Кошкарев<sup>1,2</sup>,  
А.С. Кузнецов<sup>1,2</sup>, Г.М. Остреинов<sup>1,2</sup>, В.В. Поросев<sup>1,2</sup>, С.С. Савинов<sup>1,2</sup>, Е.А. Соколова<sup>1,2</sup>,  
И.Н. Сорокин<sup>1,2</sup>, Т.В. Сычева<sup>1,2</sup>, И.М. Щудло<sup>1,2</sup>, С.Ю. Таскаев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Тартуский университет, Тартус, Сирийская Арабская Республика

В ИЯФ СО РАН предложен и разработан тандемный электростатический ускоритель оригинальной конструкции, названный ускорителем-тандема с вакуумной изоляцией. В отличие от традиционных тандемных ускорителей в нем не используют ускорительные трубки – высоковольтный и промежуточные электроды выполнены в виде вложенных друг в друга цилиндров и закреплены на единственном проходном изоляторе. Такая конструкция электродов позволила обеспечить высокий темп ускорения ионов – до 25 кВ/см.

Ускоритель оснащен набором диагностических средств, обеспечивающих длительное стабильное получение пучка протонов или дейтронов с энергией, изменяемой в диапазоне от 0,6 до 2,3 МэВ, с током, изменяемым в диапазоне от 0,1 мА до 10 мА. Пучок ионов отличается высокая монохроматичность и стабильность энергии (0,1 %) и высокая стабильностью тока (0,4 %).

Ускоритель используют для изучения динамики образования блистеров на поверхности металла при имплантации протонов, для измерения сечения реакций  ${}^7\text{Li}(p,p'\gamma){}^7\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}(p,\alpha)\alpha$ ,  ${}^{11}\text{B}(p,\alpha)\alpha$ , для развития методики бор-нейтронозахватной терапии злокачественных опухолей, генерируя нейтроны в реакции  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Li}$ , для радиационного тестирования перспективных материалов, генерируя быстрые нейтроны в реакции  ${}^7\text{Li}(d,n)$ , и для ряда других приложений. Ускоритель стал составной частью медицинского источника нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии: первая установка введена в эксплуатацию в одной из первых шести БНЗТ клиники в мире – в Сямыне, Китай, следующие две установки делают для Национального центра адронной терапии в области онкологии в Павии (Италия) и для Национального медицинского исследовательского центра онкологии им. Н.Н. Блохина в Москве.

В докладе представляется и обсуждается конструкция ускорителя, его особенности и параметры, набор разработанных диагностических средств, позволяющих получить пучок ионов в широком диапазоне энергии и тока, результаты исследований, проведенных с применением ускорителя.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-30005).