

достигается за счет торможения продуктов ядерной реакции ( $Li^7$ ,  $He^4$ ) в радиусе 5 и 7 мкм для  $Li^7$  и  $He^4$ , соответственно, что приводит к разрушению ДНК раковых клеток.

В качестве источников нейтронного излучения для целей НЗТ возможно использование ядерных реакторов, ускорителей,  $Cf^{252}$ . Среди упомянутых, наиболее функциональным источником является ядерный реактор благодаря возможности реализации установок с заданными свойствами для исследований НЗТ на базе экспериментальных устройств реактора.

Исследовательский реактор ИРТ-Т – многофункциональная уникальная научная установка на который проводятся множество научных исследований в областях физики твердого тела, нейтронно-трансмутационного легирования, производства технических и медицинских изотопов. Реактор ИРТ-Т является реактором бассейнового типа тепловой мощностью 6 МВт, насчитывает 10 горизонтальных, 14 вертикальных каналов.

В настоящей работе представлены экспериментальные и расчетные результаты исследований по определению и оптимизации выходных характеристик пучка нейтронного излучения[3] в соответствии с рекомендуемыми характеристиками, возможные пути реализации предклинических и клинических исследований на реакторе ИРТ-Т. Рассмотрены перспективы модернизации внутренней тепловой для формирования пучка нейтронов при реализации НЗТ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучки нейтронов для терапии: Обзор / Э.Л. Кулеников, А.Н. Довбня, Ю.Н. Телегин, В.А. Цымбал, С.С. Кандыбей. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2011. – 31 с
2. Locher G. L. Biological effects and the therapeutic possibilities of neutrons //Am. J. Roentgenol. – 1936. – Т. 36. – С. 1-13.
3. Neutron capture therapy: principles and applications. – Springer Science & Business Media, 2012.

#### РАЗРАБОТКА СТАНЦИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ НА НИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБЛУЧЕНИЮ МИКРОСХЕМ И РАДИОБИОЛОГИИ ПУЧКАМИ ИОНОВ НИЗКИХ И ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА NICA

*А. А. Сливин<sup>1,2</sup>, Г. А. Филатов<sup>1</sup>, Е. М. Сыресин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований,  
Россия, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри 6, 141980

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, 634034

E-mail: [slivin@jinr.ru](mailto:slivin@jinr.ru)

В рамках проекта NICA ведётся создание Инновационного блока, ориентированного на три направления прикладных исследований: проведение исследований и испытаний перспективных изделий полупроводниковой микро- и наноэлектроники на радиационную стойкость при воздействии тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ) высоких энергий (150-350 МэВ/н, станция облучения длиннопробежными ионами техническая, СОДИТ) и низких энергий (3,2 МэВ/н, станция облучения короткопробежными ионами техническая, СОКИТ); проведение исследований в области космической радиобиологии и моделировании воздействия ТЗЧ (400-800 МэВ/н, станция облучения длиннопробежными ионами биологическая, СОДИБ) на когнитивные функции мозга мелких лабораторных животных и приматов [1]. Ввиду отсутствия технологии

облучения микросхем высокоэнергетическими пучками в России, задача по созданию станции облучения микросхем является актуальной и приоритетной в рамках проекта NISA.

Прикладные станции включают в себя следующие составные части: система диагностики и контроля параметров пучков ионов высоких энергий (СОДИТ, СОДИБ), система диагностики и контроля параметров пучков низкоэнергетических ионов в вакууме (СОКИТ), система контроля параметров объектов испытаний, оснастка для подключения контрольно-измерительного оборудования к объекту испытаний, камера с осушенной атмосферой (для станции СОДИТ), вакуумная камера (для станции СОКИТ), система измерения дозы облучения (для станции СОДИБ), система позиционирования, система задания температуры микроэлектроники, система климат контроля (для станции СОДИБ).

В работе проводилось исследование взаимодействия тяжелых заряженных частиц (ионов золота  $^{79}\text{Au}^{197}$ ) высоких энергий с полупроводниковой микроэлектроникой. Моделирование осуществлялось с помощью программного пакета GEANT4 [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Syresin, A. Baldin, A. Butenko, G. Filatov, A. Slivin, G. Timoshenko, G. Trubnikov, A. Tuzikov, M. Kats, T. Kulevoy, D. Liakin, Y. Titarenko, D. Bobrovskiy, A. Chumakov. New Nuclotron beam lines and stations for applied researches // Proceedings of 10th International Particle Accelerator Conference, Melbourne, Australia. – 2019. – p. 449.
2. Agostinelli S. et al. GEANT4—a simulation toolkit // Nuclear instruments and methods in physics research section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2003. – Т. 506. – №. 3. – С. 250-303.

#### ОЦЕНКА ВЛАГОЗАПАСА СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПО РАДИАЦИОННОМУ ФОНУ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

Mathias Zulu<sup>1</sup>, М.А. Лозовский<sup>1</sup>, И.В. Беляева<sup>2</sup>, Г.А. Яковлев<sup>3</sup>, А.С. Зелинский<sup>1</sup>, В.С. Яковлева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

<sup>4</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,

Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, 634021

E-mail: [lozovskiimark@mail.ru](mailto:lozovskiimark@mail.ru)

В настоящее время в связи с природными и климатическими изменениями в различных регионах России, остро встают вопросы водосберегающих технологий в аграрном секторе. В современных условиях экономики необходимы новые методы и технологии, позволяющие повысить урожайность и снизить затраты. В первую очередь это методы контроля влажности плодородных почв. Для эффективной экономии ресурсов на полив и их рационального использования необходимо знать не только количество выпадающих осадков в весенне-летне-осенние периоды, но и влагозапас снежного покрова. Снежный покров является одним из основных вкладов в водный запас природных ресурсов.