

отношению к стабильному  $^{12}\text{C}$ . Снижение активности  $^{14}\text{C}$  и  $^{36}\text{Cl}$  в ряде случаев достигало более 30%. При этом убыль массы обрабатываемого графита не превышала 2 %. Очевидно, что меняя режимные параметры (температуру, время, газовую фазу), можно существенно повлиять на степень извлечения  $^{36}\text{Cl}$  и  $^{14}\text{C}$  при минимальной потере массы графита. Перспективно рассмотреть возможность применения более «жестких» методов дезактивации, приводящих к структурным нарушениям после обработки.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОСВОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ

С.И. Крылов, В.Н. Нестеров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: [sik5@tpu.ru](mailto:sik5@tpu.ru)

Все большее значение в энергетической структуре государства выступает атомная энергетика. Её доля продолжает увеличиваться. Главным образом это связано с высоким энергетическим потенциалом топлива по сравнению с углеводородами и возобновляемыми источниками энергии.

Освоение атомной энергетики всегда сопровождалось вопросами о нераспространении ядерного оружия, потенциальным возникновением радиационных и ядерных аварий, накоплением радиоактивных отходов. На сегодняшний день эксплуатируются в общей сложности 36 энергоблоков. Основные мощности сосредоточены на реакторах на тепловых нейтронах. Эксплуатируемые атомные станции безопасны, экологически привлекательны, вырабатывают конкурентную электроэнергию с учетом экономической конъюнктуры (движением цен) углеводородов.

Многие специалисты – атомщики утверждают, что дальнейшее развитие крупномасштабной атомной энергетической промышленности невозможно без развития реакторов на быстрых нейтронах. Это связано с низкой эффективностью использования природного урана: используется только изотоп U-235, содержание которого в природном уране составляет всего лишь 0,72%. Еще одним важным моментом является то, что тепловые реакторы главным образом эксплуатируются в открытом ядерном топливном цикле. Реакторы на быстрых нейтронах позволяют более эффективно использовать запасы урана путем вовлечения воспроизводящего изотопа U-238 в наработку вторичного делящегося материала, что позволит замкнуть ядерный топливный цикл. В активной зоне могут сжигаться наиболее опасные долгоживущие радионуклиды, образующиеся в облученном ядерном топливе. Это означает, что с замыканием топливного цикла возможно уменьшение радиоактивных отходов. В настоящее время в нашей стране эксплуатируется два энергетических реактора на быстрых нейтронах типа БН, и их количество в перспективе будет расти [1].

С точки зрения исторического аспекта концепцией развития ядерных реакторов на быстрых нейтронах уже занимаются больше полувека. Технологией реактора на быстрых нейтронах занимались практически все развитые страны. Вопросы касались выбора теплоносителя (можно было использовать газ, водяной пар, жидкие металлы – натрий или свинец, свинец-висмут, натрий-калий), выбора конструкционных материалов, определения основных характеристик реактора, выбора ядерного топлива. Для анализа состояния реакторов со свинцовым теплоносителем, в данный момент строится проект БРЕСТ-ОД300. Вопросы, касающиеся с выбором теплоносителя, тесно связаны с совместимостью ядерного топлива и конструкционных материалов. В конечном итоге, привлекательность того или иного типа реактора на быстрых нейтронах будет решаться с выбором всех выше сказанных составляющих. [2]

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акатов А. А., Коряковский Ю. С. Будущее ядерной энергетики. Реакторы на быстрых нейтронах. – М: Информационные центры по атомной энергии, 2012. – 36 с.
2. Поплавский В.М. Состояние и тенденции развития технологии быстрых реакторов // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011 – № 1. – С. 5 –15.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА ПУЧКА НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИОНОВ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ МИШЕНЕЙ ИЗ ДЕЙТЕРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОВ

С.И Кузнецов<sup>1</sup>, Г.Н. Дудкин<sup>1</sup>, В.М. Быстрицкий<sup>2</sup>, В.Ф. Тарасенко<sup>3</sup>, Б.А. Нечаев<sup>1</sup>, В.Н. Падалко<sup>1</sup>,  
М. С. Сыртанов<sup>1</sup>

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

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

<sup>2</sup>Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

<sup>3</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН

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

Для исследования реакций между легкими ядрами (dd, pd, d<sup>3</sup>He, d<sup>4</sup>He) при ультранизких энергиях столкновения необходимо иметь экспериментальную информацию с высокой точностью о чистоте поверхности мишеней, насыщенных изотопами водорода (протием, дейтерием) и о количестве и составе ускоренных частиц, падающих на мишень [1, 2].

Для решения данной задачи разработана и апробирована методика оперативного тестирования качества вакуумной системы и очистки металлической поверхности мишени, насыщенной дейтерием.

С помощью кварцевого резонатора получены данные о темпе нарастания адсорбированной пленки на мишени (подложке) при различных режимах работы ускорителя с замкнутым дрейфом электронов. Результаты экспериментов показали, что используемая методика позволяет оперативно тестировать качество вакуумной системы и ускоряющего диода с целью выявления и устранения факторов, влияющих на загрязнения мишени.

В работе так же приведены результаты измерения истинного потока ускоренных ионов и нейтралов водорода (дейтерия) с помощью многосеточного электростатического анализатора энергии. Определены значения коэффициентов вторичной эмиссии электронов для ряда металлических мишеней (Cu, Ti, Ta, Zr) в интервале энергий ускоренных ионов 3–12 кэВ. Получены значения ионной и нейтральной составляющих потока ускоренных частиц для Холловского источника ионов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-22-03039.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V.M. Bystritsky, A.P.Kobzev, G.N. Dudkin, et al. Experimental verification of hypothesis of dd reaction enhancement by channeling of deuterons in titanium deuteride at ultra low energies. // Nuclear Instr. and Methods in Physics Research. – 2014. – A 737. – С. 248.
2. V.M. Bystritsky, G.N. Dudkin, S.I. Kyznetsov, et al. Research Methods for Parameters of Accelerated Low Energy Proton Beam // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2015. – Vol. 12. – №. 4.– P. 597.