ГЕЛИЙ В ВОЛЬФРАМЕ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ И ПЛАЗМОЙ [[1]](#footnote-1)\*)

Хрипунов Б.И., Койдан В.С., Рязанов А.И., Гуреев В.М., Семенов Е.В.,Иванов С.М.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [Khripunov\_BI@nrcki.ru](mailto:Khripunov_BI@nrcki.ru)

Первая стенка термоядерного реактора (ТЯР) будет подвержена воздействию мощных потоков компонент составляющих дейтерий-тритиевую плазму и продуктов их реакции, в частности, нейтронного излучения и высокоэнергичных ионов гелия (реакция D + T →4 He (3,5 MeV) + n (14,1 MeV)). Таким образом, сама реакция создает два канала поступления гелия в материал и его накопления. Один канал это генерация гелия в результате ядерного взаимодействия (n, α) с материалом стенки и примесями. Другой канал это непосредственная бомбардировка стенки ионами гелия – продукта реакции DT. При накоплении гелиевого шлака в плазме реактора поток ионов гелия на стенку будет содержать как непосредственно ионы высокой энергии, так и ионы, релаксировавшие в плазме до уровня соответствующего температуре пристеночной плазмы. В качестве кандидатного материала дивертора - наиболее энергонапряженного элемента первой стенки ТЯР, обращенной к плазме, рассматривается вольфрам.

Представлены результаты экспериментального исследования процессов сопровождающих взаимодействие гелия с вольфрамом при его облучении ионами гелия высокой энергии и гелиевой плазмой. Исследование проведено на установках НИЦ «Курчатовский институт» - циклотроне У-150 и плазменной установке ЛЕНТА-М.

Для ионов 4Не++ с энергией 3,0 – 4,0 МэВ глубина дефектного слоя в вольфраме составила 5-6 мкм по результатам расчетов дефектообразования и экспериментальных измерений (ERDA).Исследована эрозия радиационно-поврежденного слоя вольфрама в дейтериевой плазме и накопление гелия.

Обнаружены изменения микроструктуры поврежденного слоя с образованием пор, блистеринг при повышенных дозах облучения (5∙1017- 1019 Не++/см2, 1-80 сна), свидетельства выхода накопленного гелия в ходе эрозии поверхности в плазме. Концентрация гелия в вольфраме на глубине пробега ионов составила до 10%. Показано образование наноструктуры на поверхности вольфрама под воздействием гелиевой плазмы при повышенной температуре материала (1100 С) (вольфрамовый пух, nanofuzz). Наблюдаемые явления свидетельствуют о существенных изменениях свойств контактирующего с плазмой ТЯР материала, снижая его устойчивость к потокам плазмы и тепла при длительной работе реактора.

Настоящая работа частично поддержана РФФИ, проект № 19-08-00994-а.

Литература

1. Koidan V.S., et al., IAEA 25th FEC, St Petersburg, paper MPT/P7-37, 2014
2. Б.И. Хрипунов, В.С. Койдан, А.И. Рязанов и др. Вопросы атомной науки и техники, сер. Термоядерный синтез, 2017, т.40, вып. 4, с. 40-49

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Mu/en/AN-Khripunov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)