

**Сведения о ходе выполнения проекта по соглашению №14.613.21.0084 от
22.11.2017 г.**

**(Руководитель проекта – кандидат физико-математических наук
А.В. Спицын)**

В ходе выполнения проекта «Накопление изотопов водорода в конструкционных материалах, вольфраме и его сплавах для применения в энергетике» по Соглашению о предоставлении субсидии №14.613.21.0084 от 22 ноября 2017 года с Министерством образования и науки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 2 в период с 01 января по 31 декабря 2018 года выполнены следующие работы:

1. Изготовлены экспериментальные образцы сплавов вольфрама W-Re, W-V, W-Mo и W-Ta.
2. Доработана математическая модель программы для исследования влияния структурных дефектов кристаллической решетки на подвижность изотопов водорода в объёмо-центрированной кубической кристаллической решетке методами многоуровневого моделирования.
3. Проведены экспериментальные исследования структуры экспериментальных образцов сплавов вольфрама W-Re, W-V, W-Mo и W-Ta с использованием методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и других дополняющих методов.
4. Изготовлен модуль для повреждения экспериментальных образцов сплавов вольфрама ионами железа высоких энергий.
5. Изготовлены экспериментальные образцы сплавов вольфрама W-Fe и W-Cr.
6. Проведены экспериментальные исследования структуры экспериментальных образцов сплавов вольфрама W-Fe и W-Cr с использованием методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и других дополняющих методов.
7. Выполнено повреждение ионами железа высоких энергий экспериментальных образцов сплавов вольфрама W-Re и W-V.
8. Проведены экспериментальные исследования повреждений в экспериментальных образцах сплавов вольфрама W-Re и W-V, поврежденных ионами железа высоких энергий, методом рентгеновской люминесценции.

В ходе работы на втором этапе выполнено изготовление экспериментальных образцов сплавов вольфрама W-Re, W-V, W-Mo, W-Ta, W-Fe и W-Cr методом электроннолучевой бестигельной зонной плавки в вакууме. Выполнена доработка математической модели программы для исследования влияния структурных дефектов кристаллической решетки на подвижность изотопов водорода в объёмо-центрированной кубической кристаллической решетке методами многоуровневого моделирования. Выполнены экспериментальные исследования структуры экспериментальных образцов сплавов вольфрама W-Re, W-V, W-Mo, W-Ta, W-Fe и W-Cr с использованием методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и других дополняющих методов. Исследования показали отсутствие как существенных дефектов структуры, так и отсутствие нано- и микроразмерных пор. Стоит отметить ломкость образцов и наличие углерода на

некоторых изломах. Изготовлен модуль для повреждения экспериментальных образцов сплавов вольфрама ионами железа высоких энергий. Выполнены повреждения ионами железа высоких энергий экспериментальных образцов сплавов вольфрама W-Re и W-V и экспериментальные исследования повреждений в этих образцах методом рентгеновской люминесценции.

Изготовленный модуль для повреждения экспериментальных образцов сплавов вольфрама ионами высоких энергий позволяет облучать одновременно 4 экспериментальных образца ионами железа с энергией 5,6 МэВ при температуре от 300 до 600 К и остаточном давлении не выше 10^{-4} Па.

Выполнена доработка математической модели программы для исследования влияния структурных дефектов кристаллической решетки на подвижность изотопов водорода в объемо-центрированной кубической кристаллической решетке методами многоуровневого моделирования. В результате доработки модель позволила выполнять расчёты диффузии изотопов водорода в кристалле с учётом точечных дефектов.

Иностраным партнером (Центр водородных исследований университета г. Тояма) выполнено повреждение ионами высоких энергий экспериментальных образцов сплавов вольфрама, а также проведено экспериментальное исследование накопления трития в исходных экспериментальных образцах сплавов вольфрама с использованием метода рентгеновской люминесценции насыщенных тритием образцов.

Все задачи этапа №2 работ выполнены в полном объёме и в соответствии с Планом-графиком исполнения обязательств и Техническим заданием Соглашения №14.613.21.0084 о представлении субсидий от 22.11.2017 и Дополнительного соглашения № 1 от 26 апреля 2018 г., № 2 от 28 апреля 2018 г., № 3 от 15 ноября 2018 г., № 4 от 30 апреля 2019 года.