

ОТЗЫВ

**научного консультанта на диссертационную работу
Бедельбековой Камшат Азатовны
«Моделирование высокодозных радиационных повреждений
конструкционных реакторных материалов зондовыми
мессбауэровскими атомами», представленную на соискание степени
доктора философии PhD по специальности
6D071000 – «Материаловедение и технология новых материалов»**

Изучение свойств конструкционных материалов для эксплуатируемых и перспективных ядерных установок по-прежнему остается важной научно-технической задачей в радиационном материаловедении. Под действием частиц и излучений в кристаллических телах происходят сложные структурно-фазовые превращения, приводящие к существенному изменению и деградации их исходных физико-механических и эксплуатационных свойств.

Диссертационная работа Бедельбековой Камшат Азатовны посвящена моделированию высокодозных радиационных повреждений в металлах и сплавах бомбардировкой на ускорителе заряженных частиц зондовыми мессбауэровскими атомами для получения ядерно-физических данных из зоны воздействия этих атомов на структурно-фазовое состояние объектов, на основании которых станет возможным определять ресурсные характеристики конструкционных реакторных материалов.

Результаты исследований, полученные с использованием данного метода моделирования, найдут применение для решения проблем безопасной эксплуатации ядерных установок и повышения эффективности их функционирования, позволив правильно оценивать ресурсные характеристики материалов активной зоны и предсказывать их поведение при высоких повреждающих дозах облучения. Эксперименты, в которых радиационное воздействие на материал производится на ускорителях тяжелых металлических ионов в контролируемых условиях – наиболее продуктивный путь получения модельных результатов. Экспериментальная проверка предложенного метода моделирования высокодозных радиационных повреждений на ускорителе УКП-2-1 с использованием зондовых ядер изотопа ^{57}Fe показала его эффективность.

Основная часть работы была выполнена на базе РГП «Институт ядерной физики» и частично в МГУ им. М.В. Ломоносова (Российская Федерация) в рамках научной стажировки. Объектами исследования являлись металлический молибден и тантал, а также аустенитные хромоникелевые стали трех марок. Облучение материалов ионами ^{57}Fe , являющимся основным мессбауэровским изотопом, позволила использовать мессбауэровскую спектроскопию, как основной метод неразрушающего анализа. Кроме того были использованы другие методы и методики исследования: теоретические расчеты с помощью программы SRIM – 2008,

рентгеновская дифракция, сканирующая электронная микроскопия, EXAFS-спектроскопия, а также измерения нанотвердости сталей методом склерометрии. Совокупность использованных методов исследования позволили получить достоверные данные о влиянии облучения на рассмотренные материалы. В работе получены новые научные результаты о закономерностях фазовых превращений в сплавах и чистых металлах иницированных высокодозным облучением.

Использование пакета программы SRIM – 2008, позволило задать начальные условия облучения. С помощью конверсионной мессбауэровской спектроскопии по электронному каналу (КЭМС) и в режиме на поглощение (МС) проведено исследование образцов молибдена, тантала и сталей, облученных высокоэнергетическими однозарядными ионами ^{57}Fe энергией 1 МэВ и током пучка на мишени ~ 100 нА. Доза облучения составила 5×10^{16} ион/см², сна составила 200.

Показано, что имплантация железа происходила в приповерхностный слой толщиной около 600 нм, при этом средний пробег ионов железа примерно одинаков для обеих матриц, $R \approx 300$ нм. В результате облучения было установлено, что железо находится в двух кристаллических состояниях. Основное «синглетное» состояние ионов железа в молибдене (89%) представляет собой твердый раствор замещения железа в молибдене, а в тантале (83%) – твердый раствор внедрения атомов железа в тантал. Дублетные компоненты мессбауэровских спектров описывают дефектные позиции атомов железа, которые преимущественно локализованы в приповерхностной области. Результаты мессбауэровской спектроскопии подтверждаются данными EXAFS-спектроскопии, а также рентгеновской дифрактометрии.

Облучение хромоникелевых сталей вызывает фазовые превращения и переход из аустенитной в мартенситную фазу. Получены новые и достаточно интересные результаты относительно поверхностной твердости облученных сталей.

Во время выполнения диссертационной работы Бедельбекова К.А. показала высокий уровень подготовленности к проведению научных исследований в области мессбауэровской спектроскопии. Все работы по подготовке экспериментальных образцов, проведение мессбауэровских измерений, анализ и обработка спектров, теоретические расчеты по программе SRIM -2008 были проведены ею самостоятельно. Анализ данных полученных рентгеноструктурным методом, методом растровой электронной микроскопий проводился при ее активном участии. Докторант достигла конечной цели представленной в работе, полностью решила поставленные перед ней задачи.

Бедельбекова К.А. проявила себя как добросовестный, трудолюбивый и работоспособный научный сотрудник.

Считаю, что полученные в работе результаты исследования по актуальности, научной и практической значимости, достоверности основных положений и выводов отвечает требованиям, предъявляемым к защите

диссертационных работ. Диссертационная работа выполнена в соответствии с требованиями Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК и может быть рекомендована к защите на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D071000 – «Материаловедение и технология новых материалов».

Научный консультант

к.ф.-м.н.

РГП на ПХВ Институт ядерной физики



Озерной А.Н.

«02» «ноября» 2020 г

Подпись Озерного А.Н. заверена

Ученый секретарь РГП ИЯФ



Козтаева У.П.