

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Крикун Екатерины Владимировны
**«Механизмы радиационного охрупчивания стали 15X2НМФА класс 1
корпуса реактора ВВЭР-1000 под действием облучения в диапазоне
температур (50-400) °С»**

на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки,
включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Целью диссертационной работы Крикун Екатерины Владимировны является определение влияния различных температур облучения на микроструктуру, фазовый состав и механизмы радиационного охрупчивания стали 15X2НМФА класс 1 корпуса реактора ВВЭР-1000.

В настоящее время планируется разработка ядерных энергетических установок температура корпуса которых будет отличаться от эксплуатируемых в настоящее время корпусов водо-водяных энергетических реакторов. Причем в различных установках возможно как повышение рабочей температуры корпуса, так и ее понижение. В тоже время данные по механическим свойствам корпусных сталей, в основном, имеются только для диапазона рабочих температур реакторов ВВЭР ~ 300 °С. Это делает тему диссертационной работы весьма актуальной.

В диссертационной работе проведен анализ деградации микроструктуры и фазового состава стали 15X2НМФА класс 1 в результате ускоренного нейтронного облучения при различных температурах: 50, 140, 300 и 400 °С до различных флюенсов (вплоть до $45 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-2}$); проведен анализ термической стабильности исследуемой стали с использованием провоцирующей охрупчивающей термообработки в интервале температур максимального проявления обратимой отпускной хрупкости; проведена оценка механизмов радиационного охрупчивания при отклонении температуры от характерной температуры корпуса реакторов ВВЭР-1000 (~300°С). Несомненным достоинством работы является применение комплекса ультрамикроскопических методик анализа структурно-фазового состояния материалов в исходном состоянии и после облучения: просвечивающей электронной микроскопии и атомно-зондовой томографии. Это позволило детектировать различные упрочняющие особенности: карбиды, карбонитриды, структурные дефекты, типа дислокаций, а также преципитаты сложного химического состава.

По тексту автореферата можно сделать следующие замечания:

- 1) Результаты работы получены в условиях повышенного флакса в широком интервале температур от 50 до 400 °С. Вместе с тем отсутствие эффекта флакса для корпусных сталей с содержанием никеля <1,35 мас.% ранее продемонстрировано, в основном, для температур эксплуатации корпуса водо-водяных реакторов.
- 2) На рисунках 3 б,в в сопоставимых масштабах представлены данные просвечивающей электронной микроскопии и атомно-зондовой томографии стали 15X2НМФА класс 1 после облучения при 400 °С. Непонятно почему значительное

число карбонидов, представленных на ПЭМ изображениях, не обнаруживается на томографических атомно-зондовых картах.

3) В автореферате указывается, что в стали 15X2НМФА класс 1 после облучения при 400 °С численная плотность карбидов незначительно падает, а карбонитридов возрастает в 2,3 раза. Вместе с тем представленные для сравнения изображения исходного и облученного состояний (Рис. 3 а,б) указывают на ~ 5-ти кратное увеличение плотности включений.

Сделанные замечания не являются критическими и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы. Результаты диссертации имеют несомненную прикладную ценность и могут быть использованы для обоснования применений стали 15X2НМФА класс 1.

Материалы данного исследования опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах, а также докладывались на международных конференциях и семинарах.

Автореферат достаточно полно отражает содержание и основные результаты диссертационной работы. Задачи исследования и полученные результаты соответствуют поставленной цели работы.

Считаю, что диссертация Крикун Е.В. «Механизмы радиационного охрупчивания стали 15X2НМФА класс 1 корпуса реактора ВВЭР-1000 под действием облучения в диапазоне температур (50-400) °С» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертационным работам по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации», а ее автор **Крикун Екатерина Владимировна** заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Начальник отдела атомно-масштабных и
ядерно-физических методов исследования
материалов ядерной техники,
НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ,
доктор физико-математических наук



Рогожкин Сергей Васильевич

117218 Россия, Москва,
ул. Большая Черемушкинская, 25
Тел.: +7 499 125 3568
e-mail: sergey.rogozhkin@itep.ru

Подпись Рогожкина С.В. удостоверяю
Ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ, к.ф.-м.н.



Васильев В.В.