Исследование внутренних поверхностей вольфрамовых тайлов кольцевого ЛИМИТЕРА ТОКАМАКА Т-10 [[1]](#footnote-1)\*)

1Архипов И.И., 2Грашин С.А., 2Будаев В.П., 3Писарев А.А., 3Бабич Я.А., 3Гаспарян Ю.М., 3Ефимов В.С., 3Исаенкова М.Г., 3Крымская О.А., 3Степанова Т.М.

1Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва,  
 Россия, [igor\_arkhipov\_54@mail.ru](mailto:igor_arkhipov_54@mail.ru)  
2НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [Grashin\_SA@nrcki.ru](mailto:Grashin_SA@nrcki.ru)  
3НИЯУ «МИФИ», Москва, РФ, [pisarev@plasma.mephi.ru](mailto:pisarev@plasma.mephi.ru)

Использование материалов, контактирующих с плазмой в новых и перспективных термоядерных установках (ТЯУ), таких как ИТЭР и ДЕМО, требует дополнительных исследований их стойкости в условиях высоких тепловых нагрузок. Самыми энергонапряженными элементами ТЯУ являются пластины лимитера и дивертора, которые принимают на себя тепловые нагрузки в диапазоне от 1 MВт/м2 до ~1 ГВт/м2. В качестве материала лимитера токамаков использовались такие высокотемпературные конструкционные материалы, как графит и вольфрам. В последние годы на многих установках исследуются лимитеры на основе литиевых капиллярно-пористых структур (КПС).

На токамаке Т-10 в 2015 г. вместо графитовых были смонтированы лимитеры из вольфрама. Лимитеры изготовлены из вольфрама марки ВМП «Полема», применяемого при производстве пластин дивертора ИТЭР [1]. В работе представлены результаты анализа W пластин лимитера токамака Т-10 после экспериментальных кампаний 2015 – 2018 годов.

В 2016 года в Т-10 был установлен литиевый КПС лимитер. Его взаимодействие с плазмой во время рабочих разрядов приводило к испарению и разбрызгиванию капель жидкого лития. Это приводило к попаданию лития как на лицевую поверхность W тайлов, так и в щели между ними. Так как во время рабочих импульсов температура лимитера значительно повышается, капли лития, попавшие в щель между тайлами, не застывали, а растекались по поверхности вольфрама, образуя пленку. В присутствии воздуха такая пленка интенсивно реагирует с кислородом с образованием карбоната лития Li2CO3.

Установка литиевого лимитера в камеру токамака Т-10 должна была продемонстрировать возможность использования пленки лития для защиты энергонапряженных вольфрамовых поверхностей. Так как внутренние теневые поверхности тайлов не испытывают таких сильных тепловых и корпускулярных нагрузок как лицевые поверхности, на них возможно формированию возобновляемой защитной пленки лития на поверхности вольфрама. Анализ состояния внутренних поверхностей лимитера Т-10 можно использовать, для прогнозирования повреждения вольфрамового лимитера при умеренных тепловых нагрузках (до 2 МВт/м2) в строящемся токамаке ИТЭР.

После окончания кампании 2018 года, кольцевой лимитер был извлечен из токамака Т-10 и W пластины исследовались с помощью растровой электронной микроскопии, энергодисперсионного анализа, рентгеновского фазового анализа, термодесорбционной спектроскопии и измерения микротвердости. Собрано большое количество экспериментальных данных по тайлам, которые находились в широком диапазоне тепловых и корпускулярных нагрузок. В настоящей работе приведены результаты исследования W пластин c тепловыми нагрузками, не превышающими 25 – 30 МВт/м2, ограничивающими плазменный шнур на внутреннем обводе. При этом основное внимание уделено внутренним поверхностям в щелях между пластинами кольцевого лимитера.

Литература

1. S.A. Grashin, I.I. Arkhipov et al, Fusion Engineering and Design 146(2019) 2100–2104.

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