Неамбиполярный вынос энергии на внутреннюю часть кругового лимитера Т-10 и его использование для целей ИТЭР

Химченко Л.Н., 1Будаев В.П., 1Грашин С.А., 1Карпов А.В., 1Сарычев Д.В., 1Соломатин Р.Н.

Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»
 «Проектный центр ИТЭР», г. Москва, Россия
1Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва,
 Россия, l.khimchenko@iterrf.ru

Проект ИТЭР является первым международным проектом термоядерного реактора. Важнейшей проблемой для реактора являются высокие тепловые нагрузки на первую стенку и дивертор. Например, расчетные тепловые нагрузки на вольфрамовые диверторные пластины в стационаре равны 10 МВт/м2, и могут достигать 40 МВт/м2. Поэтому возникает задача проверки эрозии вольфрама в модельных экспериментах при ИТЭРовских нагрузках.

В докладе представлены результаты эрозии вольфрамовых тайлов кругового лимитера токамака Т-10 в режиме со сдвигом плазменного шнура внутрь и мощным СВЧ нагревом плазменного шнура. В этом режиме внутренние W тайлы нагреваются до белого каления, т.е. до 2000°С. При этом абелизированные профили радиационных потерь показывают, что на краю потери энергии с излучением возрастают, а в центральных областях — уменьшаются. Т.е. не происходит поступления вольфрама в центр.

Характерными признаками эрозии являются металлический блеск оплавленной поверхности края тайла со стороны плазменного шнура, много глубоких трещин и почти однородная белесая боковая поверхность, связанная с дугами, со стороны, удаленной от края плазмы. На поверхности тайлов, попадающей в зону SOL, треки дуг расположены радиально и соответствуют направлению действия силы F = –J × Bp. Размеры трещин и их направленность не совпадают с исходными незначительными микротрещинами в образцах. На W тайлах с двух сторон трещины идут параллельно краю пластин. И только в двух самых разогретых тайлах (с е-стороны) — перпендикулярно к краю. При этом края трещин оплавлены дугами. На этих тайлах трещины расположены вдоль градиента температуры и вдоль поперечных треков дуг. По видимому, это поверхностный эффект, при котором трек дуги оставляет за собой расплавленный W, а при рекристаллизации W трескается, и последующие дуги оплавляют края и расширяют трещину.

В докладе анализируется взаимосвязь трещин и униполярных дуг, и влияние дугообразования на разогрев тайлов. Рассматривается, как наиболее вероятный, механизм неамбиполярного выноса энергии с W плазмой в SOL и возможность возникновения такого механизма в ИТЭР.

Так же обсуждается режим улучшенного удержания, в условиях неамбиполярного выноса энергии на внутреннюю часть кругового лимитера и большого градиента потенциала плазмы на краю плазменного шнура.