

ЗНАЧИМОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОЕКТУ «ПЛАЗМА-СТЕНКА ИТЭР» ДЛЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ^{*)}

¹Химченко Л.Н., ²Будаев В.П.

¹ЧУ ГК Росатом «Проектный центр ИТЭР», Москва, Россия, L.Khimchenko@iterrf.ru

²НИИ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Budaev VP@nrcki.ru

В модельных экспериментах на плазменных установках по испытаниям кандидатных материалов термоядерного реактора плазменными потоками, ожидаемыми в ИТЭР, были обнаружены явления, которые могут критически повлиять на работу реактора.

1. Неамбиполярность в режимах дуги и искрообразования. При моделировании энергобаланса во всех термоядерных установках принимается амбиполярный сток плазмы на контактирующие материалы, что является лишь первым приближением. При этом, в реальности, нарушение амбиполярности стока плазмы приводит только к увеличению потока тепла на эти материалы.

Как показали эксперименты с W лимитером на токамаке Т-10, дугообразование может кардинально изменять условия стока тепла в токамаке. В процессе дугообразования положительная обратная связь по термоэмиссии приводила к увеличению потока энергии до величин 50 МВт/м² и «саморазогреву» поверхности до очень больших температур, что приводило к плавлению пластин лимитера.

Одновременно в токамаке Т-10 был обнаружен механизм эрозии поверхности, который можно идентифицировать, как искрообразование по типу «эктонного» механизма электронной термоэмиссии. В таком режиме значительно увеличивается электронная эмиссия и как результат – увеличение компенсирующего потока «горячих» электронов, который также приводил к перегреву поверхности и ее плавлению.

2. Структура переосаждённого материала. При испытании материалов плазменными потоками, ожидаемыми в ИТЭР, было обнаружено, что перепылённый материал осаждается в виде кластеров, которые имеют особую, фрактальную структуру, с фрактальной размерностью 2.1 – 2.3. Было обнаружено, что фрактальные кластеры состоят из «проточастиц» с размером порядка 20 нм, число которых в кластере составляет 10-50 тысяч. Фрактальные структуры обладают большой пористостью и, соответственно, сорбционной способностью и большой внутренней энергией. Эксперименты с воздействием на переосаждённый вольфрам с фрактальной структурой слабого пучка аргона, привели к перестройке структуры за счёт внутренней энергии, в кристаллическое состояние.

Объяснение лежит на поверхности: при прохождении через плазму и осаждении, т.е. при рекомбинации, расплётённые атомы могут сохранять возбуждённое, метастабильное, состояние. И при этом могут возникать т.н. ридберговские атомы, имеющие увеличенный размер и значительное время жизни в таком состоянии. Из-за увеличенного размера они не могут «встроиться» в кристаллическую решётку и, поэтому, на поверхности агрегируют в плёнки и пыль с фрактальной структурой. Благодаря эффекту «поверхностного натяжения» ридберговские атомы собираются в кластеры - своеобразные молекулы, с большим числом атомов. Т.е. в **ридберговское вещество**.

Обнаруженные явления могут оказать существенную роль, как в понимании процессов в термоядерном реакторе, так и для практического применения в технологических целях. Например, для получения материалов с новой композитной структурой, которую невозможно получить традиционными методами металловедения. А изучение ридберговской материи имеет фундаментальное научное значение.

Работа выполнена в соответствии с государственным контрактом с ГК «Росатом» от 20.03.2024 № Н.4а.241.19.24.1024.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)