

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Бахаревой Ольги Александровны
«Роль испаренного вещества при взаимодействии примесных макрочастиц
с высокотемпературной плазмой установок с магнитным удержанием»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.9 – «Физика плазмы»

Метод инжекции макрочастиц давно известен и широко применяется для контроля и управления параметрами плазмы, таких как подпитка плазмы топливом, гашение разряда, смягчение последствий периферийных локализованных мод, а также в различных диагностических целях, в частности, для диагностики быстрых частиц. Большой интерес для современных термоядерных исследований представляют методы измерения энергетических спектров ионов основной компоненты плазмы и альфа-частиц, поскольку по измеренной функции распределения быстрых ионов можно судить об их удержании и термализации в плазме. Одним из таких методов является диагностика РСХ (pellet charge exchange), обладающая хорошим пространственным разрешением. Данная диагностика использует, в качестве мишени для перезарядки диагностируемых ионов, облако вещества, которое образуется при испарении твердой макрочастицы (пеллета) миллиметрового размера, инжектируемой в плазму. Нейтрализованные на пеллетном облаке быстрые частицы вылетают за пределы плазменного шнура, где они могут быть зарегистрированы детектором нейтральных частиц.

Диссертационная работа О.А. Бахаревой посвящена исследованию структуры пеллетного облака и его влияния как на процесс испарения макрочастицы, так и на особенности перезарядки быстрых ионов в нем. В работе впервые получены следующие результаты:

1) Анализ излучения углеродных и углеводородных облаков в линии СII показал, что существенную роль в ионизационном балансе иона С+ играют холодные электроны пеллетного облака – в углеродных облаках их вклад в ионизацию сопоставим со вкладом горячих электронов фоновой плазмы, а в углеводородных облаках он является преобладающим.

2) Для расчета скорости испарения примесных макрочастиц из различных материалов развиты модели, учитывающие различные механизмы экранирования

теплового потока из фоновой плазмы, испаряющего макрочастицу, пеллетным облаком (нейтральное, электростатическое и плазменное экранирование). Показано, что учет электростатического экранирования, рассчитанного в одномерном приближении, в дополнение к основному механизму нейтрального экранирования, существенно занижает значения скорости испарения по сравнению с экспериментально наблюдаемыми. Модель нейтрального экранирования хорошо согласуется с экспериментом, и по этой модели были получены скейлинги (законы подобия) для простого расчета скорости испарения примесной макрочастицы в широком диапазоне параметров окружающей плазмы, которая предполагается максвелловской.

3) Предложена методика расчета скорости испарения макрочастицы и характерных параметров однократно ионизованной части пеллетного облака (поперечный размер, температура и концентрация электронов) в случае сильного экранирования с учетом нейтрального и плазменного экранирования. Методика верифицирована на экспериментальных данных по испарению полистироловых макрочастиц и излучению углеводородных облаков в гелиотроне LHD.

4) С учетом данных о структуре углеводородных облаков, усовершенствована методика расчета потока быстрых нейтральных атомов водорода, образующихся при перезарядке быстрых протонов, с энергией в диапазоне 100-1000 кэВ, на углеводородном облаке. Впервые продемонстрировано влияние плотности, размера и зарядового состава периферийного слоя облака на долю перезарядившихся быстрых частиц. Сформулированы рекомендации для оптимизации РСХ измерений энергетических спектров быстрых протонов при их перезарядке на углеводородных облаках.

5) Показано, что учет структуры пеллетного облака и его размеров важен также для интерпретации сигналов РСХ диагностики при измерении энергетического спектра альфа-частиц. В частности, расчеты, выполненные для перезарядки альфа-частиц с энергией в диапазоне 0.5-3.5 МэВ на литиевом облаке, показали, что абсолютные значения доли нейтрализовавшихся альфа-частиц, проинтегрированной по области обзора детектора нейтральных атомов, могут отличаться на один-два порядка от принятых ранее значений. Предложенное усовершенствование методики расчета может приблизить к решению проблемы согласования абсолютных значений энергетического спектра альфа-частиц, полученного с помощью РСХ диагностики в дейтериево-третиевых экспериментах на токамаке TFTR, с данными других диагностик.

Обработка экспериментальных результатов и моделирование проведены на высоком научном уровне. Достоверность полученных в работе результатов подтверждается сравнением с многочисленными экспериментальными данными по испарению примесных макрочастиц и излучению пеллетных облаков, полученными на различных установках с магнитным удержанием, а также согласием с результатами, полученными другими авторами.

Автореферат содержит достаточно иллюстративного материала и позволяет получить полное представление о работе. В качестве недостатка можно отметить некоторое количество орфографических ошибок в тексте, а также систематические ошибки в ссылках на иностранные журналы (например, где-то указывается ссылка на Nuclear Fusion, а где-то на Nuclear fusion и т.п.). Эти замечания, тем не менее, не снижают значимости представленных в автореферате результатов.

Из автореферата можно заключить, что работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 «Физика плазмы» согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор О.А. Бахарева заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник

ФГБУН Физического института им. П.Н.Лебедева Российской академии наук

Корешева Елена Ростиславовна

адрес: 119991, Москва, Ленинский проспект, 53

тел.: +7 (916) 159-36-41

e-mail: koreshevaer@lebedev.ru