

## 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»

Диссертационная работа Бахаревой О.А. посвящена исследованиям процессов, происходящих в облаках нейтрального газа и холодной вторичной плазмы вблизи примесных макрочастиц (пеллет), испаряющихся в плазме установок с магнитным удержанием. Инжекция макрочастиц была предложена достаточно давно и активно развивается как перспективный инструмент управления параметрами разряда и его диагностики - для поддержания необходимой концентрации вещества в разряде, для гашения разряда, для измерения различных параметров плазмы.

В автореферате излагается краткое содержание диссертационной работы, посвященной исследованию свойств облака испаренной примесной макрочастицы. Продемонстрирована актуальность темы исследования; работа является актуальной, так как, несмотря на длительную историю развития технологии инъекции макрочастиц и исследований физики взаимодействия твердых макрочастиц с горячей плазмой, остается нерешенным ряд вопросов как о структуре облака испарившегося вещества вблизи макрочастицы, так и о влиянии этой структуры на процесс испарения макрочастицы. Кроме того, как показано в работе, учет структуры пеллетного облака оказывается важным при интерпретации результатов измерений энергетических спектров быстрых ионов фоновой плазмы, выполненных с помощью диагностики РСХ (Pellet Charge eXchange – перезарядка на частицах пеллетного облака). Усовершенствование РСХ диагностики актуально, в частности, для получения возможности измерения абсолютных значений функции распределения альфа-частиц, рождаемых в термоядерной реакции и удерживаемых в D-T плазме, что важно для изучения эффективности передачи энергии от альфа-частиц ионам основной компоненты плазмы.

В автореферате представлен обзор текущего состояния исследований, посвященных моделированию испарения макрочастицы, на основании этого обзора поставлены цели и сформулированы задачи, которые были выполнены в ходе работы. Основной целью работы является исследование роли испаренного пеллетного вещества при взаимодействии макрочастицы с плазмой термоядерных установок. Одной из основных задач соискателя являлась разработка и создание модели испарения, позволяющей рассчитывать скорость испарения и параметры пеллетного облака с учетом разных механизмов экранирования.

А автореферате показано, что результаты имеют большую теоретическую и практическую значимость, предложенная модель испарения примесных макрочастиц имеет предсказательную способность и может использоваться не только для анализа результатов экспериментов, но и при их планировании.

Среди наиболее интересных результатов работы можно отметить построение закона подобия (скейлинга) для вычисления скорости испарения примесных макрочастиц из различных материалов в широком диапазоне значений параметров плазмы разряда. Кроме того, из анализа данных об излучении линии СII в углеродных и углеводородных облаках сделан вывод о том, что электроны холодной вторичной плазмы облака вносят основной вклад в ионизацию иона  $C^+$ , а в углеродных облаках вклад холодных электронов в ионизационный баланс сопоставим со вкладом электронов горячей окружающей плазмы. В работе также показано, что учет размеров пеллетного облака и его структуры может увеличить (на порядок и более) абсолютные значения энергетического спектра альфа-частиц, полученного с помощью РСХ диагностики в DT экспериментах на токамаке TFTR.

Результаты, полученные в ходе выполнения работы, являются без сомнения новыми и оригинальными: например, разработана и впервые использована модель для расчета скорости испарения макрочастицы, учитывающая одновременно нейтральное и плазменное экранирование, позволяющая также оценить параметры пеллетного облака.

В качестве замечания можно отметить следующее. Как показано на рис. 4, расхождение ближе к центру между экспериментом и моделями нейтрального и плазменного экранирования объясняется эффектами, связанными с нейтральной инжекцией, однако даже с учётом расхождения из-за NBI в этой области модель только нейтрального экранирования даёт лучшее совпадение, чем модель нейтрального и плазменного экранирования, хотя наилучшее совпадение на периферии получается именно при использовании модели нейтрального и плазменного экранирования. Данный факт никак не прокомментирован.

Тем не менее, замечание, указанное в отзыве не является существенными и не влияет на общее крайне положительное впечатление от работы.

Из данных, представленных в автореферате, 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.

Научный сотрудник лаборатории физики высокотемпературной плазмы  
ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН,  
кандидат физико-математических наук

Белокуров А.А.

12.12.2024

194021, г. Санкт-Петербург, Политехнич  
тел. 292-71-27

e-mail belokurov@mail.io