ЭФФЕКТЫ МУЛЬТИПЛЕТНОСТИ В РАДИАЦИОННЫХ ПОТЕРЯХ ПРИ ТУШЕНИИ РАЗРЯДА ИНТЕНСИВНОЙ ИНЖЕКЦИЕЙ АРГОНА В ИТЭР

1Сдвиженский П.А., 1,2Кукушкин А.Б., 1Левашова М.Г., 1Жоголев В.Е., 1Леонов В.М., 1,2Лисица В.С., 1Коновалов С.В.

1НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [Sdvizgenskii\_PA@nrcki.ru](mailto:Sdvizgenskii_PA@nrcki.ru)  
2Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

Неустойчивость срыва является наиболее опасной неустойчивостью плазмы токамака. Она приводит к резкому сбросу энергосодержания шнура на достаточно узкую зону диверторных пластин, что может приводить к их разрушению. В настоящее время для смягчения последствий неустойчивости срыва предполагается переизлучать значительную долю энергосодержания плазмы, используя массивную инжекцию инертных газов (МИГ), в частности, аргона и неона. При проведении в [1] моделирования массивной инжекции газов Ar и Ne в базовом режиме ИТЭР с током 15 МА предполагалось, МИГ проводится на квазистационарной стадии разряда на плато тока. Для моделирования параметров основной плазмы использовался транспортный код АСТРА [2], который был интегрирован с кодом ZIMPUR [3], описывающим динамику зарядовых состояний, излучение и перенос примесей (описание радиационных потерь проведено в [1] для оптически прозрачной корональной плазмы). Для расчета потока газа из системы МИГ использовалась феноменологическая модель [4].

В настоящей работе рассматривается излучение двух ионов аргона ‑ Ar+15 и Ar+3, которые обладают спектральными линиями с большой светимостью и могут быть использованы для диагностики плазмы. Проводится оценка поправок радиационных потерь c учётом мультиплетного расщепления уровней и непрозрачности излучения этих ионов на двух стадиях МИГ – перед и после теплового срыва. Оценка эффектов мультиплетности проведена в рамках упрощённой некорональной радиационно-столкновительной модели, а непрозрачность учтена с помощью метода «прострельного» выхода линейчатого излучения из плазмы (см. обзоры [5, 6]). Ранее было показано, что непрозрачность на сильных линиях ионов аргона Ar+3 и Ar+15 не оказывает существенного влияния на полные потери мощности излучения плазмы в сценарии тушения разряда, смоделированного в [1]. Напротив, роль эффекта мультиплетности оказывается существенной. Так, для низко-ионизованных атомов при низких температурах он дает повышение радиационных потерь – порой на фактор ~2 – из-за вклада переходов с Δ*n* = 0, энергия возбуждения которых оказывается ниже, чем в модели усреднения по мультиплетам. Поэтому для проведения анализа роли всех некорональных эффектов и, напр., сравнения с [7], где показана важность эффектов непрозрачности плазмы при инжекции газа для смягчения последствий срыва тока в токамаках, необходимо использовать структуру атомных уровней с учетом мультиплетного расщепления.

Литература

1. Leonov V.M., Konovalov S.V., Zhogolev V.E., Modeling of pre-Thermal Quench and Thermal Quench stages of disruption induced by Massive Gas Injection in ITER, 27th IEEE Symposium on Fusion Engineering (SOFE 2017) Shanghai, China, 2017, W.POS.026.
2. Pereverzev G.V., Yushmanov P.N., Preprint IPP 5/98, 2002, Garching, Germany.
3. Leonov V.M., Zhogolev V.E., Plasma Phys. Control. Fusion, 2005, 47, 903.
4. Жоголев В.Е., 1pixФизика плазмы, 2012, 38(10), 855.
5. Коган В.И., Запирание излучения в плазме // Энциклопедия низкотемпературной плазмы, под ред. В.Е. Фортова. М., «Наука», 2000, Вводный том 1, c. 481.
6. Абрамов В.А., Коган В.И., Лисица В.С. Вопросы теории плазмы, под ред. М.А. Леонтовича и Б.Б. Кадомцева, М.: Энергоатомиздат, Вып.12, 1982, с. 114.
7. Lukash V.E., Mineev A.B., Morozov D.Kh. Nucl. Fusion, 2007, 47, 1476 – 1484.