Изотопный эффект в удержании энергии на токамаке ФТ-2

Куприенко Д.В., Алтухов А.Б., Есипов Л.А., Гурченко А.Д., Гусаков Е.З., Кантор М.Ю., Лашкул С.И., Трошин Г.А., Лееринк С.1

ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия
1Университет Аалто, Эспоо, Финляндия

Зависимость времени удержания энергии в омических разрядах плазмы токамака часто соотносят с нео-алкаторным эмпирическим скейлингом τE ~neqaR2, который обычно выполняется при относительно низких плотностях и демонстрирует линейную зависимость τE от плотности, LOC режим (linear ohmic confinement regime). С ростом плотности происходит переход в режим насыщения, SOC режим (saturated ohmic confinement regime), когда время удержания энергии не зависит от плотности. Такой переход в режим насыщения обычно связывают с доминированием ионной турбулентности (ITG) в аномальном переносе, в то время как линейный режим характеризуется определяющим влиянием на перенос в плазме токамака электронной турбулентности (ETG, TEM) [1].

В настоящей работе рассматривается влияние изотопного эффекта (водород/дейтерий) на время жизни энергии в плазме токамака ФТ-2 (a=0.08m, R=0.55m, 19kA < Ipl <35 kA, 1.2T < Bt < 2.5T, q95~3-5). Время удержания энергии τE рассчитывается с помощью транспортного кода АСТРА на основе экспериментально измеренных профилей температуры, плотности и радиационных потерь. В работе анализируется широкий диапазон плотностей (1019<ne<1020m-3) для двух рабочих газов – водорода и дейтерия. Показано, что на ФТ-2 при плотностях ne > 4∙1019m-3 реализуется режим LOC. Явного перехода к режиму SOC не наблюдается как для водородной, так и дейтериевой плазмы. Этот факт может быть объяснен доминированием электронного транспорта в аномальном переносе, согласно моделированию разряда для токамака ФТ-2 с помощью гирокинетического кода ELMFIRE, результаты которого сопоставляются с результатами анализа характеристик турбулентности по данным измерений микроволновых диагностик усиленного рассеяния и доплеровской рефлектометрии. Обнаружено, что при уменьшении плотности ниже ne ~ 4∙1019m-3 и в водороде и в дейтерии происходит резкое увеличение времени жизни, сопровождаемое аномальным падением эффективного заряда плазмы. Изотопный эффект в динамике τE(ne) проявляется лишь при больших плотностях плазмы, демонстрируя большие времена удержания энергии в дейтериевой плазме.

Работа поддержана грантом РНФ 17-12-01110

Литература.

[1] M Porkolab et al. Plasma Phys. Control. Fusion 54 (2012) 124029