результаты исследований переноса   
легких, средних и тяжелых примесей на токамаке Т-10

1Нургалиев М.Р., 1Крупин В.А., 1Ключников Л.А., 1Немец А.Р., 1,2Земцов И.А., 1Днестровский А.Ю., 1Сарычев Д.В., 1Лисица В.С., 1Грашин С.А., 1Рыжаков Д.В., 1Сергеев Д.С., 1Мустафин Н.А.

1Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [maxim.nurgaliev@gmail.com](mailto:maxim.nurgaliev@gmail.com)  
2Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

На токамаке Т-10 в течение длительного времени проводятся исследования переноса примесей в разрядах с омическим и ЭЦР нагревом. В экспериментах [1] с инжекцией Ar и K получены следующие зависимости профилей коэффициентов аномального переноса от параметров плазмы в омических режимах:

 (1)

где *Dan* — в м2/с; *Ipl* — в кА; *ne* — в 1019 м–3. В ОН плазме Т-10 динамическое время удержания, определенное по распаду ВУФ-линии иона K16+ [1], линейно увеличивается с ростом параметра  где  и  — средние электронная плотность в м–3 и эффективный заряд соответственно, *Ipl* — ток плазмы в кА. Такая же зависимость от γ наблюдается и у балансных характеристик удержания собственных примесей C, O [2] и W [3]. В работах [2, 3] в качестве характеристики удержания рассматривается степень аккумуляции примеси в центре плазмы , которая является результатом двух процессов: пикирования, , и накопления , здесь  и  — центральная и средне-хордовая концентрации примеси *Z* соответственно,  — источник примеси *Z*, оцениваемый по линии иона низкой кратности ионизации.

По мере увеличения заряда примеси изменяются физические причины наблюдаемых зависимостей от γ. Если в случае легких примесей  по причине спада аномального переноса, то для W такая зависимость обусловлена усилением неоклассического переноса примесей с ростом параметра γ. По этой причине в разрядах с предельным уровнем *Zeff*≥ 3,5 не происходит сильного обострения профиля концентрации W, а сильная аккумуляция создана исключительно интегральным накоплением. Таким образом, зависимости аномальных коэффициентов переноса, впервые полученных в [1], хорошо описывают балансы легких, средних и тяжелых примесей в омических разрядах Т-10.

Данные исследования показывают, что в условиях омических разрядов Т-10 аккумуляция примесей в разрядах с высоким γ, в которых в тоже время достигаются максимальные значения величин *βJ* и *τE*, что обуславливает интерес именно к разрядам данного типа как в ОН, так и в ЭЦРН режимах. Введение дополнительного ЭЦР нагрева позволяет предотвратить подобную аккумуляцию примесей в центре за счет усиления аномального переноса частиц, который приводит к выполаживанию профилей концентрации примесей до профиля электронов. При этом происходит сильное снижение . Эффективность данного процесса увеличивается с ростом мощности ЭЦР нагрева, но также определяется начальными омическими параметрами.

Работа выполнена за счет гранта РНФ № 14-22-00193.

Литература

1. V. Krupin et.al., 12th EPS Conference on Plasma Physics, Budapest 1985, pp. 207-210
2. M. Nurgaliev et.al., 43rd EPS Conference on Plasma Physics, Leuven 2016, P2.069
3. M. Nurgaliev et.al., 26th IAEA Fusion Energy Conference, Kyoto, 2016, EX/P8-36