СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ В УСТАНОВКАХ КСПУ И Т-10 В ЭКСПЕРИМЕНТАХ, МОДЕЛИРУЮЩИХ воздействие плазмы на элементы конструкии и диагностики ИТЭР

С.А. Грашин, \*Н.С. Климов, В.П. Будаев, \*А.М. Житлухин, \*В.Л. Подковыров, \*А.Б. Путрик, Р.Ю. Соломатин, Д.В. Сарычев,\*А.Д. Ярошевская

НИЦ "Курчатовский институт", площадь Курчатова 1, Москва 123182, Россия.  
\*ТРИНИТИ, улица Пушковых 12, г. Троицк, Москва 142190, Россия.

В современных токамаках эрозия и последующее переосаждение материалов (вольфрама, бериллия, углеродных материалов), взаимодействующих с плазмой, приводит к образованию пленок и пыли. Накопление трития в таких осадках является серьезной проблемой при работе термоядерного реактора ИТЭР. Пористые пленки и пыль могут иметь развитую поверхность, поглощать дейтерий и тритий, снижая тем самым эффективность реактора. Осаждение распыляемых материалов приводит также к деградации оптических элементов диагностик, расположенных в камере ИТЭР. Эксперименты по измерению скоростей эрозии и переосаждения, исследованию состава и структуры осадков, идентификации механизмов переосаждения проводятся на установке КСПУ-Т в ТРИНИТИ и токамаке Т-10 в НИЦ «Курчатовский институт». КСПУ-Т моделирует импульсные плазменно-тепловые нагрузки, характерные для режимов ИТЭР с ELM и срывами тока.

Для идентификации механизмов образования, миграции, осаждения и очистки пленок и пыли необходимы измерения параметров плазмы не только в месте эрозии (на мишени, лимитере), но и вблизи мест осаждения распыляемых материалов ‑ на стенках камеры и тестируемых элементах диагностик. Получаемая в таких экспериментах информация крайне важна как для минимизации образования и накопления опасных осадков, так и для разработки методов защиты элементов диагностик и их очистки.

Установка КСПУ-Т представляет собой одноступенчатый коаксиальный сильноточный плазменный ускоритель. Энергия, выделяемая на мишени, составляет 0,5÷2,5 МДж/м2, длительность импульса ‑ до 0.6 мс, энергия ионов ‑ 0.1÷1.0 кэВ, плотность плазмы у мишени-1022÷1023м-3. При помощи подвижного многоштырькового Ленгмюровского зонда проводились измерения электронной плотности, температуры и потенциала плазмы в зоне, отстоящей на 8-25 см от мишени. Пироэлектрическим болометром проводилось измерение излучения плазмы вблизи мишени и в периферийной зоне. Эксперименты проводились при различных материалах мишени (вольфрам, алюминий, графит) и при различных энергетических нагрузках на мишень (0,8÷2,3 МДж/м2).

Проведенные измерения показали, что в периферийной плазме КСПУ-Т электронная плотность Ne достигает величины 1-5\*1021 м-3, что на 2-3 порядка превышает величину плотности плазмы в пристеночной области токамака Т-10. Величина электронной температуры плазмы Те составляет 4-20 эВ, что примерно соответствуют Те в пристеночной области токамака Т-10. Распределение параметров плазмы в КСПУ-Т довольно однородно по радиусу вплоть до R=8 см (расстояние от оси плазменного потока). С ростом энергии на мишени Ne растет, а Те падает. В периферийной плазме КСПУ-Т наблюдается турбулентность перемежаемого типа, характерная и для SOL токамака Т-10. Следует отметить, что время существования периферийной плазмы может существенно превышать длительность тока разряда на аноде (0.5 мс) и достигать 2.5 мс. Это позволяет предположить, что по окончании разряда на аноде ионизация плазмы поддерживается дополнительными процессами, происходящими на мишени: термоэмиссия, излучение. Время существования плазмы растет с ростом энергии, выделяющейся на мишени.