ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОКЛАССИЧЕСКОЙ ТИРИНГ-МОДЫ МЕТОДОМ ДОППЛЕРОВСКОГО ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ВО ВРЕМЯ СРЫВА ПЛАЗМЕННОГО РАЗРЯДА В ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-М2 [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Яшин А.Ю., 2Балаченков И.М., 2Жильцов Н.С., 2Курскиев Г.С., 2Киселев Е.О., 2Минаев В.Б., 1Петров А.В., 2Петров Ю.В., 1Пономаренко А.М., 2Сахаров Н.В.

1ФГАОУ ВО «СПБПУ», г. Санкт-Петербург, Россия  
2ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия

На сферическом токамаке Глобус-М/М2 наблюдались магнитогидродинамические (МГД) моды, которые значительно влияют на плазменный разряд (см., например, [1]). В частности, МГД моды могли приводить к ухудшению удержания плазмы, например, к выходу из Н-моды обратно в L-моду, или даже к срывам разряда. Одним из наиболее опасных МГД возмущений является неоклассическая тиринг-мода (НТМ), которая приводит к формированию магнитных островов в плазме и, тем самым, накладывает ограничения на параметры плазмы, в частности на ее давление. Ключевыми параметрами, определяющими влияние острова на удержание, являются ширина и частота вращения образующихся островов [2].

В ранних экспериментах на Глобус-М2 было продемонстрировано, что метод допплеровского обратного рассеяния (ДОР) может быть использован для детектирования и изучения НТМ [3]. В частности, данная диагностика может быть успешно использована для определения их ширины и локализации. На сферическом токамаке Глобус-М2 с целью изучения НТМ, значительно влияющих на характеристики плазмы, был применён метод ДОР совместно с массивами магнитных зондов. Одновременно было использовано три многочастотные системы ДОР с частотами зондирования от 18 до 26 ГГц, от 20 до 48 ГГц и от 50 до 75 ГГц [4-5]. Применение таких систем позволило одновременно проводить измерения от половины малого радиуса плазмы до сепаратрисы (). Кроме детектирования самих тиринг-мод, метод ДОР использовался для наблюдения ухудшения удержания плазмы или выхода из Н-моды по поведению турбулентности.

В данной работе продемонстрированы результаты исследования НТМ, приводящих к выходу из Н-моды или срыву, на токамаке Глобус-М2. Представлены результаты анализа данных мониторных диагностик с целью выявления характерных особенностей плазменного разряда во время развития таких НТМ. Были получены их характеристики, такие как их модовые числа, а также частота. Кроме того, с помощью диагностики ДОР была выявлена область их локализации. Было проведено сравнение полученных параметров МГД мод, чтобы выявить отличия между НТМ, приходящих к выходу из Н-моды и НТМ, приводящих к срыву плазменного разряда. Был проведен сравнительный анализ влияния различных параметров плазмы на развитие разных типов тиринг мод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 18-72-10028, с использованием Федерального центра коллективного пользования "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях" ФТИ им. А.Ф. Иоффе, включающего Уникальную научную установку "Сферический токамак Глобус-М".

Литература

1. Kurskiev, G.S. et al 2011 Tech. Phys. Lett. **37** 1127–1131
2. Waelbroeck F.L. 2009 Nucl. Fusion **49** 104025
3. Yashin A.Yu. et al «The study of neoclassical tearing modes using Doppler backscattering in the Globus-M2 tokamak» 49th ICPPCF, March 14 – 18, 2022, Zvenigorod
4. Bulanin V.V. et al 2021 Rev. Sci. Instrum. **92** 033539
5. Yashin A.Y. et al 2022 JINST **17** C01023

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Mu/en/CD-Yashin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)