Исследование распространения волн в магнитоактивной плазме в окрестности электронно-циклотронного резонанса

Назаров В.В., Малышев М.С., Костров А.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», nazar@appl.sci-nnov.ru

В нашей солнечной системе известно не менее шести источников мощного радиоволнового излучения. Характерные длины волн излучения от Земли, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и трубки, соединяющей Юпитер с его спутником ИО, составляют от нескольких дециметров до нескольких километров. Данное излучение разделяется на две характерных категории по предполагаемому механизму их генерации. Первая категория включают мощное длительное радиоволновое излучение с широким спектром. Наиболее характерным представителем является авроральное километровое радиоизлучение (АКР), генерируемое в магнитосфере Земли. АКР впервые было зарегистрировано спутником “Электрон” [1]. Для его объяснения был предложен механизм, связанный с развитием мазерной циклотронной неустойчивости в авроральной области магнитосферы с пониженной концентрацией плазмы (каверны Кальверта), где выполняется условие . Часть результатов, полученных с помощью серии спутниковых миссий, достаточно проблематично объяснить в рамках данной теории. Также крайне важными являются вопросы трансформации и выхода излучения из планетарной магнитосферы через существенно неоднородную плазму, содержащую структуры с различными пространственными масштабами. В частности, недавние спутниковые измерения указывают на принципиальную роль неоднородностей концентрации замагниченной плазмы в формировании необычно узкой диаграммы направленности АКР относительно локального направления магнитного поля в области источника (каверны плотности).

На крупномасштабном плазменном стенде «Ионосфера» (ИПФ РАН) было проведено исследование распространения волн в окрестности электронно-циклотронного резонанса (ЭЦР), возбуждаемых антеннами различных типов, в замагниченной плазме с неоднородностями плотности типа каверны и типа границы «плазма-вакуум». Также было проведено теоретическое исследование диаграммы направленности точечного источника в магнитоактивной плазме на основе решения бикубического уравнения, которое учитывает тепловые поправки. На основание проведенных экспериментов и результатов теоретического анализа было установлено, что в окрестности ЭЦР диаграмма направленности излучающего источника модифицируется таким образом, что основная часть возбужденных волн является квазипродольными, но при этом их вектора групповой скорости направлены почти перпендикулярно магнитному полю. Соответственно, поток энергии от излучающего источника распространяется поперек магнитного поля с достаточно узкой диаграммой направленности. Также установлено, что существует оптимальное соотношение плазменной и циклотронной частот, при котором амплитуда сигнала становится максимальной. На основание данных результатов предлагается одна из возможных моделей формирования радиоизлучения планетарных магнитосфер, в которой источником являются потоки заряженных частиц в плотной плазме около границ каверны.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-32-00616 мол\_а.

Литература

1. Бенедиктов Е. А. и др. Некоторые результаты ионосферных исследований в НИРФИ с 1957 по 1967 гг. // Изв. вузов - Радиофизика, 1968, т. II, в. 2, с. 169-190. (1968)