Моделирование распространения свистовых волн в магнитоактивной плазме в присутствии мелкомасштабных неоднородностей

Айдакина Н.А., Гущин М.Е., Зудин И.Ю., Коробков С.В., Костров А.В.

РФ, Нижний Новгород, ИПФ РАН, zudiniy@appl.sci-nnov.ru

Согласно результатам натурных экспериментов [1,2], нагрев ионосферы интенсивным радиочастотным излучением может сопровождаться формированием мелкомасштабных неоднородностей вытянутых вдоль геомагнитного поля. Спутниковые измерения свидетельствуют, что данные неоднородности способны образовывать линзоподобные, либо волноводные структуры структуры, оказывая заметное влияние на распространение радиоволн в ионосферной плазме.

Настоящая работа посвящена результатам численного моделирования распространения низкочастотных волн в области плазмы содержащей мелкомасштабные неоднородности. В ходе численных экспериментов был обнаружен эффект захвата низкочастотных волн в волновод, образованный мелкомасштабными неоднородностями. Серия расчетов позволила качественно определить связь свойств собственных волн данных волноводов с параметрами плазмы, частотой излучения и характеристиками неоднородностей.

Было установлено, что характер собственных мод существенно зависит от отношения масштаба длины волны к характерному поперечному размеру неоднородностей. Если длина волны меньше поперечного размера неоднородностей, то каждая неоднородность выступает в роли отдельного волновода, практически не связанного с остальными. Свойства собственных низкочастотных волн подобных волноводов – дактов плотности и магнитных дактов – к настоящему моменту подробно изучены[3,4].

Если поперечный размер неоднородностей и расстояние между ними значительно меньше длины волны, то в роли волновода выступает вся возмущенная область в целом, захват волны в этом случае происходит за счет отражения от границ возмущенной области.

Проведенные расчеты показали, что мелкомасштабные возмущения магнитного поля, которые могут возникать при инжекции в плазму электронных пучков, похожим образом влияют на распространение низкочастотных волн. В частности, возможно формирование волноводных и линзопопдобных структур.

Численные эксперименты были выполнены при различных соотношениях между параметрами плазмы; рассматривались условия характерные как для ионосферной, та и для магнитосферной плазмы. Было установлено, что в магнитосферных условиях мелкомасштабные неоднородности также способны образовывать волноведущие структуры. Можно предположить, что подобные структуры обеспечивают возможность распространения низкочастотных свистовых волн между магнитосопряженными точками, которое часто регистрируется в натурных экспериментах, но не имеет на настоящий момент исчерпывающего объяснения.

Литература

1. Rapoport, V. O., V. L. Frolov, S. V. Polyakov, et. al. J. Geophys. Res., 2010, 115, A10322
2. Фролов В.Л., Болотин И.А, Комраков Г.П. и др. Изв. вузов. Радиофизика. 2014, LVII, c. 437
3. Костров А.В., Смирнов А.И., Стародубцев М.В., и др Письма в ЖЭТФ, 1988, 67, c. 548-551
4. Streltsov, A. V., Lampe M., Manheimer W., et. al. J. Geophys. Res., 2006, 111, A03216.