

УДК 533.9.01

Нелинейные процессы в авроральной области и появление электростатической широкополосной турбулентности

А.А. Ильясов¹, А. А. Чернышов¹, М.М. Могилевский¹, И.В. Головчанская², Б.В. Козелов²

¹Институт космических исследований РАН, г. Москва,

²Полярный геофизический институт КНЦ РАН, г. Апатиты

В авроральной области магнитосферно-ионосферной системы регулярно наблюдаются широкополосные возмущения электромагнитного поля (альфвеновская турбулентность). Высокочастотная составляющая альфвеновской турбулентности носит электростатический характер, ее также называют широкополосным электростатическим шумом. Чаще всего его связывают с ионно-циклотронными [1] и ионно-акустическими волнами [2]. Предложены различные механизмы генерации этих волн. Наиболее подходящей теорией является теория неустойчивости плазмы, вызванная неоднородным распределением плотности энергии (IEDDI – inhomogeneous energy-density-driven instability).

Источниками свободной энергии для IEDD неустойчивости могут быть неоднородности электрического поля, плотности плазмы и продольного тока. Ключевая особенность этой неустойчивости заключается в нелокальном и нелинейном характере возбуждения электростатических волн [1,3]. Поэтому электростатические волны, генерируемые этой неустойчивостью, такие как ионно-акустические и ионно-циклотронные, имеют ряд отличий от их локальных ветвей [4,5]. Для их изучения разработан численный алгоритм на основе метода стрельбы, позволяющий получать неустойчивые решения дисперсионного уравнения IEDD неустойчивости. Проведено моделирование для различных параметров фоновой плазмы (отношение температуры ионов к температуре электронов, отношение продольного волнового числа к поперечному, токовая скорость электронов вдоль магнитного поля, гирорадиус ионов, тепловая скорость ионов). Для задания фоновой конфигурации плазмы использовались данные со спутников FREJA и FAST, а также модельные распределения плотности плазмы, электрического поля и сдвига продольного тока ионов.

Показано, что IEDD неустойчивость имеет широкополосный спектр в диапазоне частот ионно-акустических и ионно-циклотронных волн. Продемонстрировано, что в отличие от локальных ветвей, нелокальные ветви ионно-акустических и ионно-циклотронных волн устойчивы к изменению отношения температуры ионов к температуре электронов. Подтверждено, что неоднородности продольного тока ионов

приводят к генерации ионно-акустических волн даже в отсутствие неоднородностей электрического поля. Рассмотренные механизмы возбуждения неустойчивости могут объяснять широкополосный электростатический шум, регулярно наблюдаемый в авральной области.

Работа А.А.Ильясова поддержана фондом "Династия" и РФФИ (14-02-31848).

Литература

1. V. Gavrishchaka, M. E. Koeperke, and G. Ganguli. Dispersive properties of a magnetized plasma with a field-aligned drift and inhomogeneous transverse flow // *Physics of Plasmas*. – 1996. – №3. – P.3091–3106.
2. J.-E. Wahlund, P. Louarn, T. Chust, H. de Feraudy, A. Roux, B. Holback, B. Cabrit, A. I. Eriksson, P. M. Kintner, M. C. Kelley, J. Bonnell, and S. Chesney. Observations of ion acoustic fluctuations in the auroral topside ionosphere by the FREJA S/C // *Geophysical Research Letters*. – 1994. – №21. – P.1835–1838.
3. G. Ganguli, Y. C. Lee, and P. G. Palmadesso. A new mechanism for excitation of electrostatic ion cyclotron waves and associated perpendicular ion heating // *Geophysical Research Letters*. – 1985. – №12. – P.643-646.
4. А. А. Чернышов, А. А. Ильясов, М. М. Могилевский, И. В. Головчанская, и Б.В. Козелов. Влияние неоднородностей концентрации плазмы и электрического поля на генерацию электростатического шума в авральной зоне.// *Физика Плазмы*. . – 2015. – №41. – С.277-285.
5. А. А. Пыасов, А. А. Chernyshov, М. М. Mogilevsky, I. V. Golovchanskaya, and B. V. Kozelov. Inhomogeneities of plasma density and electric field as sources of electrostatic turbulence in the auroral region.// *Physics of Plasmas*. – 2015. – №22. – 032906