

М.С. Носкова

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ В МАГНИТОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

Магнитное поле Земли образует самую верхнюю оболочку Земли – магнитосферу. Магнитосфера защищает Землю от солнечного ветра – заряженных частиц (протонов, электронов, ядер гелия), постоянно истекающих из солнечной короны.

Некоторые частицы захватываются магнитным полем и образуют радиационные пояса – слои разреженной плазмы, состоящие в основном из протонов и электронов. Находящиеся в радиационных поясах частицы движутся вокруг Земли по сложным траекториям. Во внешнем поясе многие электроны разгоняются до скоростей, близких к скорости света. Они могут повреждать оборудование спутников, находящихся на высоких орбитах, и представляют потенциальную опасность для космонавтов.

Процессы, происходящие в магнитосферной плазме, описываются сложными нелинейными уравнениями, которые, в общем случае могут решаться только численно. Поэтому большой интерес представляют приближенные аналитические методы решения, которые позволяют охватить картину в целом и выявить основные закономерности изучаемых процессов.

В работе рассматривается система уравнений, описывающая возбуждение волн плотности в магнитосферной плазме, содержащей две популяции заряженных частиц – положительно заряженных ионов и свободных электронов. Плазма считается в целом квазинейтральной – концентрация ионов и электронов в среднем по объему совпадает, электростатическое поле плазмы считается самосогласованным.

В рамках данного подхода разработан метод исследования генерации нелинейных волн в частном случае двухкомпонентной плазмы, состоящей из ионов и электронов, с самосогласованным электростатическим полем.

Получено основное уравнение для нелинейных стационарных бегущих волн с самосопряженным потенциалом.

Получены и исследованы аналитические решения общего уравнения в частных случаях:

1. Случай малых возмущений электронной плотности.
2. Случай больших скоростей.

Исследован фазовый портрет для нелинейных стационарных волн и получено условие перехода от периодических структур к структурам солитонного типа.

Показано, что в случае нелинейных волн максимальная концентрация заряженных частиц в несколько раз превосходит их среднюю концентрацию.