Моделирование траекторий и поляризации распространяющегося в магнитосфере Земли ОНЧ излучения

Н.В. Лебедев, Н.Д. Наумов, В.В. Руденко

ФГКУ «12 ЦНИИ МО РФ», Сергиев Посад-7, Московская область 141300, Россия

Как известно, во внешней ионосфере и магнитосфере Земли существуют крупномасштаб­ные вытянутые вдоль геомагнитного поля Земли неоднородности плотности плазмы, называемые геомагнитными волноводами или дактами. Такие дакты могут быть созданы и искусственно при резонансном взаимодействии мощной радиоволны коротковолнового диапазона с ионосферной плазмой вблизи высот отражения в F2-области ионосферы.

В настоящее время общепризнано, что образовавшиеся геомагнитные волноводы могут служить для распространения ОНЧ излучения как искусственного, так и естественного происхождения. В последнее время интерес к исследованию свойств таких волноводов и процессов распространения по ним ОНЧ излучения сильно возрос благодаря постановке в России и за рубежом активных экспериментов с использованием нагревных стендов. Нагревные стенды при этом могут служить как для образования дакта, так и для создания ионосферного ОНЧ источника радиоизлучения.

В данной работе моделирование распространения ОНЧ радиоволны проводилось численно с использованием системы дифференциальных уравнений для траектории луча в неоднородной магнитоактивной плазме магнитосферы и ионосферы Земли. Дакт задается профилем концентрации по поперечному сечению геомагнитного волновода. Такой подход позволяет детально проанализировать широкий спектр нелинейных физических явлений в магнитосфере и ионосфере Земли. Существенно отметить, что система уравнений для траектории луча, получаемая вследствие решения уравнений Максвелла в нулевом приближении по малому параметру 1/(kL) (k=ω/c, L- характерный размер), не позволяет полностью определить ориентацию векторов поля в плоскости перпендикулярной лучу. Чтобы исправить указанный недостаток в данной работе при решении уравнений Максвелла, учтены поправки пропорциональные малому параметру 1/(kL), представляющие собой дифференциальные уравнения для определения поляризации волны.

Основная цель моделирования указанных процессов была направлена на изучение вопроса о возможности волнового распространения ОНЧ радиоизлучения по дакту в зависимости от начальных условий, параметров неоднородности волновода и его поперечной структуры, а также определение поляризации векторов электромагнитного поля при распространении волны. На основании проведенных расчетов была проанализирована возможность распространения сигналов низкой частоты в трехмерных неоднородностях ионизации, ориентированных вдоль линий магнитного поля Земли и рассмотрено влияние отклонения волновой нормали от плоскости магнитного меридиана и параметров геомагнитного волновода на условия захвата волны в волновод, вид траектории и поляризацию волны.

Литература

1. В.Л. Фролов, В.О. Рапопорт, Г.П. Комраков, А.С. Белов, Г.А. Марков, Ж.Л.Рош, Е.В.Мишин Создание дактов плотности при нагреве ионосферы Земли мощным коротковолновым радиоизлучением. Письма в ЖЭТФ, том 88, вып. 12, 2008г. с. 908-913.
2. А.В. Мошков Влияние кривизны силовых линий геомагнитного поля на критерий захвата низкочастотных электромагнитных волн в волноводы с повышенной плотностью электронов в магнитосфере Земли Радиотехника и электроника, 2008, том 53, № 5, с. 559-564.