Учет геомагнитного поля при распространении гравитационных волн в среднеширотной ионосфере

Бархатова О.М.[1,2], Косолапова Н.В.[2], Бархатов Н.А.[2], Главацкий Ю.А.

(1) ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет"
(2) ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина"

Изучение ионосферно-магнитосферных электромагнитных и плазменных возмущений, обусловленных гелиогеофизической активностью, является важным элементом диагностики околоземного пространства. В ряде работ демонстрируется наличие связи между колебаниями концентрации ионосферных слоев и вариациями геомагнитного поля в периоды высокоэнергичных геофизических событий. В исследовании [Vorontsova et al., 2016] обнаружена модуляция ПЭС слоя F2 ионосферы геомагнитными пульсациями Pc 5 во время фазы восстановления сильной геомагнитной бури. Результаты [Бархатова и Косолапова, 2015] также свидетельствуют о наличии одновременных ионосферных и геомагнитных возмущений в периоды развития сильных землетрясений. Значительная часть волновых возмущений ионосферы обусловлена гравитационными волнами (ГВ), вызывающими изменения электронной концентрации ее слоев и регистрируются как перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ) [Hocke et al., 1996]. Отмеченная тесная связь ионосферных и геомагнитных волновых возмущений требует учета магнитного поля при их анализе.

В настоящей работе уточнены дисперсионные соотношения для ГВ для условий приэкваториальной ионосферы с конечной проводимостью при учете совместного влияния магнитного поля и силы тяжести. Анализ соответствующих МГД уравнений позволил получить дисперсионные выражения для высокочастотной (ВЧ) и низкочастотной (НЧ) распространяющихся ГВ. В интервале длин волн ($\lambda \geq 230$ км) ВЧ мода может распространяться во всех направлениях без заметного затухания в частотном диапазоне 2.1 - 3.2 мГц, а НЧ мода существует при частотах меньших 1.8 мГц, но вдоль гравитационного поля не распространяется. Обе моды ГВ имеют возможность распространения вдоль магнитного поля, которое в рассматриваемой области ионосферы перпендикулярно гравитационному полю. Характерные скорости распространения для ВЧ моды лежат в интервале 4700 - 550 м/с, а для НЧ моды – 470 - 130 м/с. Скорости обеих мод уменьшаются при приближении направления распространения к горизонтальному, т.е. вдоль геомагнитного поля. Для всех направлений распространения скорости снижаются с уменьшением длины волны. Аналитическая оценка [Hocke et al., 1996] скоростей распространения крупномасштабных акустико-гравитационных волн дает значения от 400 до 1000 м/с. Таким образом, учет магнитного поля при анализе распространения ГВ в ионосфере дает значения скоростей ВЧ моды, заметно превышающие скорости акустико-гравитационных волн. Такие результаты находят свое подтверждение в экспериментальных данных. В работе [Liu et al., 2011] отмечены ПИВ, связанные с сильным землетрясением магнитудой 9.0. Их зарегистрированные скорости составляли 2.3-3.3 км/с. По всей вероятности, такой особенностью также обладают среднеширотные ионосферные возмущения, обусловленные полярной суббуревой активностью.

Литература:

Бархатова О.М. Косолапова Н.В. Обнаружение магнитогравитационных волн в интервалы сильных подземных землетрясений // Вестник ННГУ. Радиофизика. №3. С. 11-17. 2014.

Hocke, K., Schlegel, K. A review of atmospheric gravity waves and travelling ionospheric disturbances: 1982-1995 // Ann. Geophysicae 14, p.917-940, 1996.

Liu J.Y., Chen C.H.., Lin C.H., Tsai H.F. Ionospheric disturbances triggered by the 11 March 2011 M9.0 Tohoku earthquake // Journal of Geophysical Research, V. 116, A06319, 2011.

Vorontsova E., Pilipenko V., Fedorov E., Sinha A.K., Vichare G. Modulation of total electron content by global Pc5 waves at low latitudes // Advances in Space Research, 57, 309-319, 2016.