

АКУСТИКО-ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ В НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Гоков А.М.

Харьковский государственный университет, Украина, 310077, Харьков, пл. Свободы 4
тел.: (0572) 47-10-12, e-mail: Alexander.M.Gokov@univer.kharkov.ua

Аннотация - Рассмотрены некоторые механизмы генерации или усиления акустико-гравитационных волн в нижней ионосфере во время естественных возмущений (мощные землетрясения, солнечный терминатор, сильные грозы, солнечные вспышки и магнитные бури), обсуждаются основные характеристики их (периоды, скорости распространения, длительности процессов). Приведены результаты экспериментальных исследований.

I. Введение

Для разработки надежной динамической модели нижней ионосферы необходимо детальное изучение пространственно-временных изменений D-области ионосферы под воздействием возмущений различной природы. Наиболее важными являются естественные источники, такие как мощные землетрясения, извержения вулканов, сильные грозы, солнечные вспышки, магнитные бури, солнечный терминатор, стратосферные потепления и др., поскольку они нередко оказывают основное влияние на состояние ионосферы и часто имеют место. Естественные возмущения генерируют или усиливают в нижней ионосфере Земли целый ряд волновых возмущений различного характера и природы (смотри., например, [1,2]). Акустико-гравитационные волны (АГВ) являются одними из них.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований, выполненные на основе ретроспективного анализа данных, полученных в Харьковском госуниверситете методом частичных отражений (ЧО).

II. Основная часть

Экспериментальные исследования выполнены методом ЧО на аппаратуре [3] в 1977-1996 гг. на средней широте вблизи г. Харькова. Основные параметры комплекса: рабочие частоты $f=2-4$ МГц, длительности зондирующих импульсов 25-100 мкс с частотой повторения $F =1-5$ Гц. Регистрация амплитуд радишумов $A_{no,x}$ и смеси ЧО сигнала и шума $A_{o,x}$ двух магнитоионных компонент проводилась с помощью ЭВМ с 15 высотных уровней, начиная с 45 или 60 км через 3 или 6 км. Длительности регистраций $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{no,x}(t)$ (z -высота над поверхностью Земли, t -время), выполненные в различных гелиогеофизических условиях, составляли от 20 минут до суток и более (непрерывные измерения). Анализировались изменения $A_{o,x}(z,t)$, $A_{no,x}(t)$ и их статистических характеристик во время сильных удаленных землетрясений (общее число событий $n >200$), солнечного терминатора ($n >100$), сильных гроз ($n=26$), магнитных бурь ($n=8$) и внезапных ионосферных возмущений (ВИВ) в период солнечных вспышек ($n=8$). Спектральная обработка

массивов $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{no,x}(t)$ проводилась по методу Фурье.

Анализ экспериментальных зависимостей $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{no,x}(t)$, которые были получены в период 4 коротких (длительность $t \leq 30$ минут) и 4 длительных ($t \geq 30$ минут) ВИВ показал, что в эти периоды наблюдались квазиволновые возмущения с периодами $T \leq 5$ минут, которые затухают в течение примерно 20-25 минут (при $t \geq 30$ минут они выражены меньше или отсутствуют). Возможной причиной такого поведения ЧО сигналов может быть генерация или усиление АГВ в результате резкого усиления интенсивности рентгеновского излучения Солнца во время ВИВ. Подобные результаты (ВВ с $T \sim 5$ минут) получены также в [4] по регистрациям вариаций геомагнитного поля во время ВИВ.

Исследования, проведенные в различные сезоны года при прохождении утреннего и вечернего терминатора, показали, что примерно в 70-75% случаев изменения $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{no,x}(t)$ носят квазигармонический характер, длительность процессов составляет $t_1 \sim 10-120$ минут. Определены периоды таких ВВ: $2 \leq T \leq 40$ мин (наиболее вероятные значения $T= 4-15$ минут). Волновые возмущения в D-области, выделенные во время прохождения солнечного терминатора, согласно существующим в литературе представлениям [1], интерпретированы нами как АГВ.

Изучение экспериментальных данных, полученных во время удаленных сильных землетрясений (с энергией $E > 10^{12}$ Дж) показало, что в эти периоды в нижней ионосфере возникают несколько типов возмущений, которые проявляются на расстояниях до $R \sim 10^4$ км от эпицентра [5]. Основные параметры АГВ, полученные в этих экспериментах, следующие: кажущиеся скорости распространения $V \sim 0,4-1$ км/с, периоды $T \sim 3-6$ минут, продолжительность процесса соответствует нескольким периодам.

Анализ экспериментальных зависимостей $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{no,x}(t)$, полученных во время гроз, позволяет отметить, что в такие периоды также замечены квазигармонические изменения $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{no,x}(t)$. Например, в [6] установлено, что сильные грозы могут возбуждать в атмосфере инфразвуковые акустические волны с частотами $f \geq 5$ Гц, которые проникают в нижнюю ионосферу с вертикальными скоростями $V \geq 300$ м/с.

III. Заключение

Анализ экспериментальных данных, полученных методом частичных отражений в различных гелиогеофизических условиях во время некоторых естественных возмущений показал, что в нижней

части ионосферы ($z < 100$ км) генерируются или усиливаются акустико-гравитационные волны со сходными параметрами. Механизмы их возбуждения самые разные: внезапное усиление рентгеновского радиоизлучения во время ВИБ, акустическое воздействие на атмосферу в период землетрясения, резкое изменение солнечного излучения при прохождении терминатора и т.д. Приведенные результаты носят предварительный характер. Для более детального изучения механизмов генерации (усиления) АГВ во время естественных возмущений необходимо проведение дополнительных экспериментальных исследований.

Работа выполнена при поддержке Украинского научно-технологического центра, грант N 471.

IV. Список литературы

- [1] Сомсиков В.М. Волны в атмосфере, обусловленные солнечным терминатором (обзор) // Геомагнетизм и аэронавигация. 1991. Т. 31. N 1. С. 1-10.
- [2] Ларкина В.И., Мигулин В.В., Молчанов О.А. и др. Статистические особенности возбуждения низкочастотных излучений в верхней ионосфере над районами землетрясений // М.: Препринт ИЗМИРАН СССР. 1987. N 16(705). 17 с.
- [3] Гритчин А.И., Дорохов В.Л., Концевая Л.Г. и др. Стационарный комплекс аппаратуры для исследования нижней ионосферы методом частичных отражений // Вестник Харьк. ун-та. 1988. N 318. С. 21-24.

- [4] Метелкин Е.В., Сорокин В.М., Федорович Г.В. О природе колебаний геомагнитного поля, генерируемых солнечными вспышками // Геомагнетизм и аэронавигация. 1982. Т.22. N 5. С. 803-810.
- [5] Гокв А.М., Гритчин А.И., Тырнов О.Ф. Экспериментальные исследования реакции нижней ионосферы на удаленные сильные землетрясения // Тез. докладов Международного симпозиума "Мониторинг окружающей среды и проблемы солнечно-земной физики". Томск: ТГУ. 1996. С. 34-35.
- [6] Гокв А.М., Гритчин А.И. О возможном влиянии сильных гроз на параметры D-области ионосферы и характеристики зондирующих КВ-радиоволн // Геомагнетизм и аэронавигация 1992. Т. 32. N 1. С. 178-180.

ACOUSTIC-GRAVITATIONAL WAVES IN THE LOWER IONOSPHERE DURING NATURAL DISTURBANCES

Gokov A.M.

Kharkov State University, 4 Svoboda Sq., Kharkov, 310077, Ukraine

Mechanisms of generation or amplification of acoustic gravity waves in the lower ionosphere during natural disturbances (powerful earthquakes, terminator, strong thunderstorms, solar flares, and magnetic storms) are discussed, and their main characteristics (periods, velocities, their duration) are analyzed. Results of experimental investigations are presented