

УДК 550.388.2

АНОМАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ ДОПЛЕРОВСКОГО СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВЧ-ДИАПАЗОНА НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТРАССАХ

Н.Н. Мухортова, Л.Ф. Черногор

ANOMALOUS VARIATIONS IN THE HF DOPPLER SHIFT AT VERTICAL INCIDENCE

N.N. Mukhortova, L.F. Chernogor

Приведены результаты анализа временных вариаций доплеровских спектров (ДС) декаметровых радиоволн на вертикальных трассах. Измерения выполнены при помощи доплеровского радара вблизи г. Харькова в 2000–2008 гг.

Проанализированы суточные и сезонные зависимости доплеровского смещения частоты (ДСЧ) от времени для спокойных и возмущенных условий в ионосфере. Показано, что в спокойных условиях амплитуда ДСЧ обычно не превышает 0.1–0.5 Гц на частотах 3–5 МГц. В отдельные моменты времени амплитуда вариаций ДСЧ достигала anomalously high values of 1–1.5 Hz. For instance, such values were observed on April 23, 2008, April 24, 2008, April 25, 2008, and December 21, 2008 in the range of virtual ionospheric heights of 150–225 km, 300–375 km, 375–450 km, and 300–450 km, respectively. Duration of variations was 20–70 minutes. These variations occurred seldom, and the rate of their occurrence is to be determined.

Temporal variations in the HF Doppler shift spectra at vertical incidence have been analyzed. The data were obtained with the HF Doppler radar in 2000–2008.

Diurnal and seasonal HF Doppler-shift variations under quiet and disturbed conditions in the ionosphere have been analyzed. The HF Doppler shift amplitude under quiet conditions is shown not to exceed 0.1–0.5 Hz at frequencies of 3–5 MHz. The Doppler shift sometimes reached anomalously high values of 1–1.5 Hz. For instance, such values were observed on April 23, 2008, April 24, 2008, April 25, 2008, and December 21, 2008 in the range of virtual ionospheric heights of 150–225 km, 300–375 km, 375–450 km, and 300–450 km, respectively. Duration of variations was 20–70 minutes. These variations occurred seldom, and the rate of their occurrence is to be determined.

Введение

Метод доплеровского зондирования давно и эффективно применяется для исследования нестационарных процессов в атмосфере и ионосфере [1–5]. Применение этого метода позволило обнаружить влияние на ионосферу сильных землетрясений, солнечных вспышек, ядерных взрывов, стартов ракет и др. [2, 4–8].

Для изучения особенностей нестационарных процессов в Харьковском национальном университете (ХНУ) им. В.Н. Каразина разработан комплекс аппаратуры, его основные параметры приведены в [4, 9].

Многолетние наблюдения показали, что на частотах 3–5 МГц доплеровское смещение частоты (ДСЧ) обычно не превышает 1 Гц. В ряде случаев, однако, имели место anomalously high values of 1–1.5 Hz. For instance, such values were observed on April 23, 2008, April 24, 2008, April 25, 2008, and December 21, 2008 in the range of virtual ionospheric heights of 150–225 km, 300–375 km, 375–450 km, and 300–450 km, respectively. Duration of variations was 20–70 minutes. These variations occurred seldom, and the rate of their occurrence is to be determined.

Целью настоящей работы является изложение результатов наблюдений anomalously high values of 1–1.5 Hz. For instance, such values were observed on April 23, 2008, April 24, 2008, April 25, 2008, and December 21, 2008 in the range of virtual ionospheric heights of 150–225 km, 300–375 km, 375–450 km, and 300–450 km, respectively. Duration of variations was 20–70 minutes. These variations occurred seldom, and the rate of their occurrence is to be determined.

Результаты наблюдений

Наблюдения за состоянием ионосферы выполнялись в Радиофизической обсерватории ХНУ им. В.Н. Каразина (вблизи г. Харькова, Украина).

Пример anomalously high values of 1–1.5 Hz. For instance, such values were observed on April 23, 2008, April 24, 2008, April 25, 2008, and December 21, 2008 in the range of virtual ionospheric heights of 150–225 km, 300–375 km, 375–450 km, and 300–450 km, respectively. Duration of variations was 20–70 minutes. These variations occurred seldom, and the rate of their occurrence is to be determined.

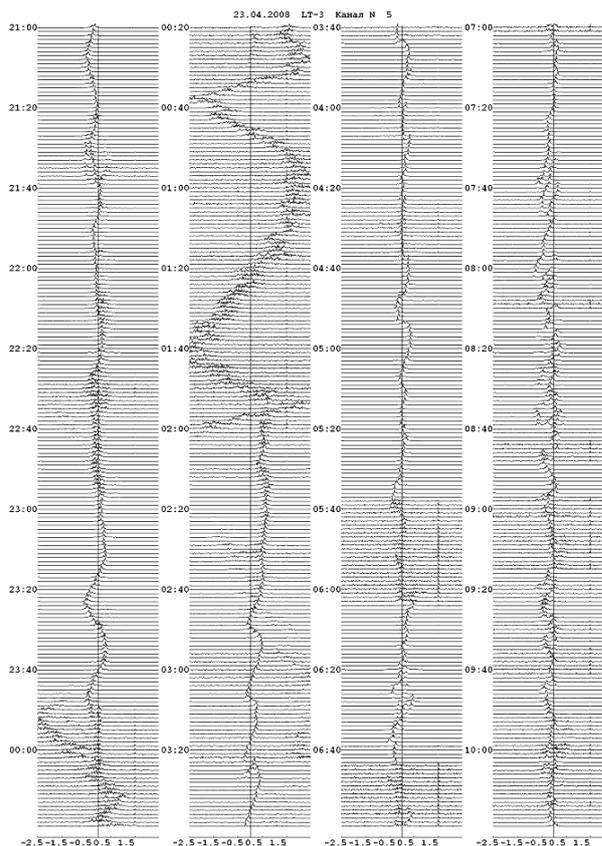


Рис. 1. Временные вариации доплеровских спектров на частоте 4.004 МГц 23–24 апреля 2008 г. (действующие высоты 375–450 км). По горизонтальной оси здесь и далее отложено ДСЧ в Гц, по вертикальной оси UT.

Другой пример anomalously high values of 1–1.5 Hz. For instance, such values were observed on April 23, 2008, April 24, 2008, April 25, 2008, and December 21, 2008 in the range of virtual ionospheric heights of 150–225 km, 300–375 km, 375–450 km, and 300–450 km, respectively. Duration of variations was 20–70 minutes. These variations occurred seldom, and the rate of their occurrence is to be determined.

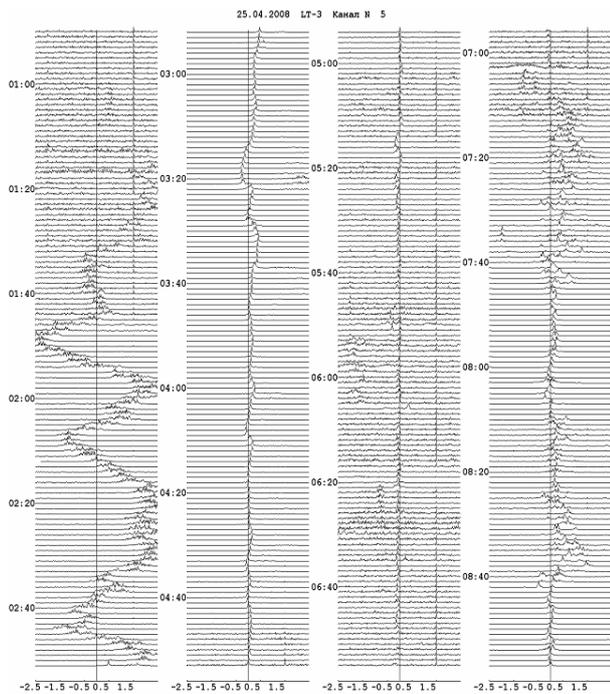


Рис. 2. Временные вариации доплеровских спектров на частоте 4.004 МГц 25 апреля 2008 г. (действующие высоты 375–450 км).

достигала 70 мин. После 02:50 ионосфера становится спокойной. В среднем ДСЧ было положительным и не превышало 0.3–0.4 Гц.

Следующий пример аномальных ДСЧ показан на рис. 3. Из рисунка видно, что с 12:00 21 октября 2008 г. в ионосфере появляются возмущения с амплитудой около 0.3–0.5 Гц и периодом 10–20 мин, ДСЧ было в среднем отрицательно. Возмущение существовало примерно до 21:40. В интервале времени с 21:40 до 22:40 доплеровские спектры становятся диффузными. Около 23:20 ДСЧ достигло –2.2 Гц. Продолжительность таких больших возмущений не превышала 40 мин.

С 04:00 22 октября 2008 г. ДСЧ было положительным и составляло около 0.5 Гц. Начиная с 04:55 в ионосфере возникло отрицательное возмущение ДСЧ, которое имело продолжительность около 25 мин и амплитуду 2.5 Гц. Далее в течение многих часов вариации ДСЧ не превышали 0.5–0.6 Гц.

Таким образом, в приведенных примерах аномально большие вариации ДСЧ достигали 2.5 Гц, их продолжительность составляла от нескольких десятков минут до примерно 2 ч.

Поиск связи аномальных ДСЧ с вариациями космической погоды, землетрясениями, мощными атмосферными процессами не привел к положительному результату. Природу аномальных ДСЧ предстоит еще выяснить.

Выводы

Обнаружены аномально большие вариации ДСЧ, достигающие 2.5 Гц, в то время как типичные вариации ДСЧ редко превышали 0.5–1 Гц. Продолжительность аномально больших вариаций ДСЧ составляла от нескольких десятков минут до 2 ч. Причину столь больших вариаций предстоит выяснить.

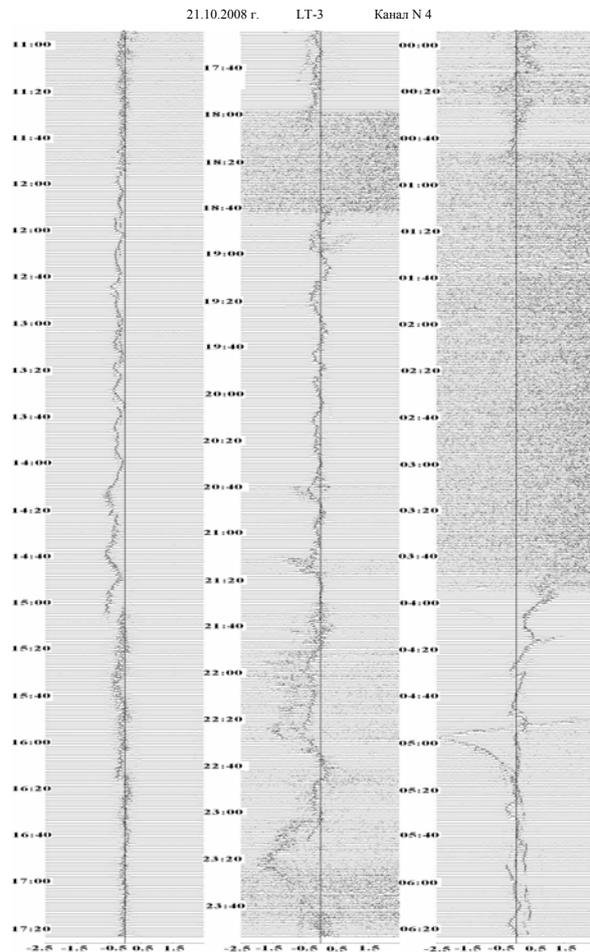


Рис. 3. Временные вариации доплеровских спектров на частоте 4.2 МГц 21–22 октября 2008 г. (действующие высоты 300–375 км).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. М.: Мир, 1973. 504 с.
2. Намазов С.А., Новиков В.Д., Хмельницкий И.А. Доплеровское смещение частоты при ионосферном распространении декаметровых радиоволн // Известия вузов. Радиофизика. 1975. Т. 18, № 4. С. 473–499.
3. Черногор Л.Ф. Физика космоса и астрофизика. Харьков: ХГУ, 1990. 136 с.
4. Гармаш К.П., Розуменко В.Т., Тырнов О.Ф. и др. Радиофизические исследования процессов в околосредней плазме, возмущенной высокоэнергетичными источниками // Успехи современной радиоэлектроники. № 7. 1999. С. 234–254.
5. Davies K. Ionospheric radio. London: Peter Peregrinus Ltd, 1990. 580 p.
6. Бурмака В.П., Костров Л.С., Черногор Л.Ф. Статистические характеристики сигналов доплеровского ВЧ-радар при зондировании средней ионосферы, возмущенной стартами ракет и солнечным терминатором // Радиофизика и радиоастрономия. 2003. Т. 8, № 4. С. 518–534.
7. Черногор Л.Ф. О нелинейности в природе и науке / ХНУ им. В.Н. Каразина. Харьков, 2008. 528 с.
8. Черногор Л.Ф. Радиофизические и геомагнитные эффекты стартов ракет. ХНУ им. В.Н. Каразина. Харьков, 2009. 386 с.
9. Мухортова Н.Н., Черногор Л.Ф. Эффекты солнечного терминатора в доплеровском смещении частоты ВЧ-диапазона на вертикальных трассах. Наст. сборник. С. 154–156.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина МОН Украины, Харьков