

INVESTIGATIONS OF THE RESPONSE OF THE MIDLATITUDE LOWER IONOSPHERE TO METEOR SHOWERS

Gokov A.M., Tyrnov O.F.
Kharkiv V. N. Karazin National University
4, Svoboda Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine
Ph.: (057) 7051251, e-mail: amg_1955@mail.ru

Abstract — Experimental data show quasi-periodic changes in the relative amplitudes A_o and A_x of the ordinary and extraordinary components respectively of the partially reflected wave, apparently due to the passage of infrasonic waves during the periods of maximum inflow of meteoric dust particles into the lower ionospheric plasma. An occasional increase in the electron density by more than (50...100)% compared with a quiet-time reference values over an interval of minutes to tens of minutes is also established to occur in the nighttime midlatitude ionospheric D-region above 80-km altitudes. This might be due to charging and dynamics of the dust particles.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛИКА СРЕДНЕШИРОТНОЙ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ НА ПОТОКИ МЕТЕОРОВ

Гоков А. М., Тырнов О. Ф.
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина
пл. Свободы, 4, Харьков, 61022, Украина
тел.: (057) 7051251, e-mail: amg_1955@mail.ru

Аннотация — Экспериментально установлено, что в периоды максимального поступления пылевых частиц метеорного происхождения в ионосферную плазму наблюдаются квазипериодические изменения амплитуд A_o и A_x частично отраженных сигналов и радишумов в течение десятков минут, обусловленные, по-видимому, генерацией инфразвуковых волн. Установлено, что в эти периоды в ночной среднеширотной D-области ионосферы на высотах $z > 80$ км наблюдается эпизодический рост значений концентрации электронов длительностью единицы-десятки минут более чем на (50...100)% в сравнении с контрольными днями, что может быть обусловлено эффектами зарядки и динамики пылевых частиц.

I. Введение

В настоящее время проводятся интенсивные исследования пылевой плазмы. Важными являются исследования в области физики пылегазовых облаков в атмосфере и ионосферной плазме. Одним из источников пыли в ионосфере на высотах $z = (70...120)$ км являются метеорные потоки. Максимум концентрации метеорных пылевых частиц приходится на высоты (80...90) км и составляет более 10^4 см^{-3} [1, 2]. Заряженные пылевые частицы в нижней ионосфере существенно влияют на её ионизационные свойства [3] и на волновые процессы в запылённой ионосферной плазме. В [4, 5] показано, что движение с большой скоростью заряженных мелкодисперсных пылевых частиц во время интенсивных метеорных потоков (характерный размер частиц составляет порядка нескольких десятков нанометров) приводит к возможности существования на высотах нижней ионосферы низкочастотных пылевых звуковых возмущений. Характерная амплитуда электростатических колебаний в пылевых звуковых волнах может намного превышать величину 10 В, что приводит к возможности генерации интенсивных инфразвуковых волн в диапазоне частот от нескольких десятых до нескольких десятков Гц с амплитудой колебаний, сопоставимой со значениями невозмущённого давления атмосферы на высотах (70...130) км [6]. У поверхности Земли они могут преобладать над инфразвуковыми колебаниями от других источников. Поэтому исследование возможности генерации инфразвуковых колебаний пылевыми звуковыми возмущениями в запылённой ионосферной плазме и их наблюдения у поверхности Земли представляет несомненный интерес и является актуальным. Для изучения явлений, возникающих в нижней ионосфере, наиболее часто применяется метод частичных отражений (ЧО) (см., напр., [7]). Обусловлено это приемлемой точностью получения све-

дений о высотно-временных вариациях параметров ионосферы и радишумов, возможностью проводить непрерывные длительные (десятки часов — сутки) наблюдения с временным разрешением единицы секунд — единицы минут и разрешением по высоте (1,5...3) км. Как известно, естественные возмущения имеют широкий диапазон продолжительности: единицы секунд — десятки часов.

В настоящей работе рассматриваются результаты экспериментального исследования возможного отклика среднеширотной нижней ионосферы в периоды метеорных потоков, а также вариации характеристик частично отраженных сигналов и радишумов в эти периоды, полученные методом ЧО с помощью аппаратуры ХНУ имени В. Н. Каразина [7] в период 2000 — 2012 гг. вблизи г. Харькова.

II. Основные результаты и их обсуждение

Временные изменения концентрации электронов $N(z,t)$ на разных высотных уровнях в среднеширотной нижней ионосфере и вариации характеристик ЧО сигналов и радишумов на частотах 2,2 и 2,31 МГц изучались в периоды метеорных потоков Геминиды (один из самых ярких метеорных потоков) в декабре 2006 и 2009 гг. и Леониды (знамениты сильными метеорными дождями) в ноябре 2000 и 2001 гг. Измерения характеристик ЧО сигналов и радишумов выполнялись, как правило, непрерывно суточными циклами в декабре 2006 г.: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22 и 25; в декабре 2009 г.: 9, 14, 15, 16, 17; в ноябре 2000 г.: 1, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 и 29; в ноябре 2001 г.: 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 26, 28, 29, и 30. Зондирование ионосферы проводилось с частотой повторения импульсов 1 и 10 Гц. Основные параметры метеорных потоков приведены в табл. 1.

Табл. 1. Основные параметры метеорных потоков
Table 1. Basic meteor shower parameters

	Геминиды Geminid meteor showers	Леониды Leonid meteor showers
Период активности Activity interval	7—17 декабря December, 7—17	13—21 ноября November, 13—21
Максимум активности Activity maximum	14 декабря December, 14	17—18 ноября November, 17—18
Зенитное часовое число Zenithal hourly rate	120	480—3500
Наблюдаемая скорость Observed speed	35 км/с 35 km/s	71 км/с 71 km/s
Максимум потока, LT Highest intensity interval (LT)	~02.00 ~02:00	00—03.00 00:00 — 03:00

Анализировались высотные-временные регистрации амплитуд ЧО сигналов и радиозумов, полученные в темное время суток, и изменения концентрации электронов N в нижней ионосфере (значения N вычислялись с погрешностью, не превышающей 30%, с использованием методики [8]). Проводилось также визуальное наблюдение метеорных потоков в не ясные дни.

Анализ экспериментальных данных показал, что основные особенности высотно-временных изменений амплитуд частично отраженных сигналов $A_{o,x}(z,t)$, шумов $A_{пox}(t)$ и $N(z,t)$ для всех рассмотренных экспериментов сводятся к следующему:

1) в периоды максимального поступления пылевых частиц метеорного происхождения в ионосферную плазму нестационарность ЧО сигналов и радиозумов заметно больше, чем в периоды до и после;

2) в рассмотренных случаях выявлены некоторые различия в поведении $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{пox}(t)$ во время наибольшей интенсивности метеорных потоков в отличие от времени до и после них и в контрольные дни (когда потоки метеоров отсутствовали): наблюдаются квазипериодические изменения $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{пox}(t)$ в течение десятков минут. При этом имело место перемещение этого процесса по высоте. Анализ первичных регистраций ЧО сигналов показал, что скорость перемещения процесса составляла $\sim(330...350)$ м/с. Спектральной обработкой экспериментальных данных установлено заметное увеличение энергии на частотах 0,2 0,5; 2 и 5 Гц, что соответствует инфразвуковому диапазону. Отметим, что в фоновых измерениях в контрольный день подобных изменений не отмечено. Полученные данные подтверждают результаты теоретических и экспериментальных исследований [6], указывающих на то, что возбуждение пылевых звуковых возмущений в периоды интенсивных метеорных потоков приводит к генерации инфразвуковых колебаний, которые в диапазоне частот от нескольких десятых до нескольких десятков Герц, у поверхности Земли могут превалировать над инфразвуковыми колебаниями от других источников;

3) в периоды максимального метеорного потока в ночной среднеширотной D-области ионосферы на высотах $z > 85$ км наблюдался эпизодический рост

длительностью единицы-десятки минут значений концентрации электронов более, чем на (50...100) % в сравнении с контрольными днями;

4) в нижней части среднеширотной D-области ионосферы ($z < 85$ км) заметных различий по сравнению с контрольными периодами в поведении $A_{o,x}(z,t)$, шумов $A_{пox}(t)$ и $N(z,t)$ не установлено.

III. Заключение

Экспериментально изучены особенности высотно-временных изменений амплитуд частично отраженных сигналов $A_{o,x}(z,t)$, радиозумов $A_{пox}(z,t)$ и концентрации электронов $N(z)$ в ночной среднеширотной D-области ионосферы во время метеорных потоков Геминиды в декабре 2006 и 2009 гг. и Леониды в ноябре 2000 и 2001 гг. Установлено, что в периоды максимального поступления пылевых частиц метеорного происхождения в ионосферную плазму наблюдаются квазипериодические изменения $A_{o,x}(z,t)$ и $A_{пox}(z,t)$ в течение десятков минут, обусловленные, по-видимому, движением заряженных мелкодисперсных пылевых частиц, связанным с ним генерацией инфразвуковых волн. Установлено также, что в эти периоды в ночной среднеширотной D-области ионосферы на высотах $z > 80$ км наблюдается эпизодический рост длительностью единицы-десятки минут значений электронной концентрации более, чем на 50 – 100 % в сравнении с контрольными днями. Механизм такого поведения $N(z,t)$ представляется в воздействии пылевых частиц метеорного происхождения на ионосферную плазму и обусловлен эффектами зарядки и динамики пылевых частиц.

IV. References

- [1] Musatenko S.I., Musatenko Yu.S., Kurochka E.V., Lastochkin A.V., Cholij V.Ya., Maksimenko O.I., Slipchenko A.S. Dusty plasma in the midlatitude ionosphere during meteor showers. *Geomagnetism and aeronomy*, 2006, vol. 46, No 2, pp. 182-192.
- [2] Kopnin S.I., Kosarev I.N., Popel S.I., Yu M.Y. Localized Structures of Nanosize Charged Dust Grains in Earth's Middle Atmosphere. *Planetary and Space Science*, 2004, vol. 52, pp. 1187-1194.
- [3] Kalashnikova O., Horanyi M., Thomas G.E., Toon O.B. Meteoric smoke production in the atmosphere. *Geophysical Research Letters*, 2000, vol. 27, No 20, pp. 3293-3296.
- [4] Kopnin S.I., Popel S.I., Yu M.Y. Modulational excitation of low-frequency dust acoustic waves in the Earth's lower ionosphere. *Fiz. Plasmy*, 2007, vol. 33, No 4, С. 323-336.
- [5] Kopnin S.I., Popel S.I. Generation of infrasound oscillations by low frequency dusty acoustic disturbances in the Earth's lower ionosphere. *Fiz. Plasmy*, 2008, vol. 34, No 6, pp. 517-526.
- [6] Kopnin S.I. *Pylevye zvukovye vozmuscheniya v zapylyennoy ionosfernoi plazme i ih proyavleniya*: diss. ... kand. fiz.-mat. nauk [Dust sound disturbances in a dusty ionospheric plasma and their manifestation: candidate's dissertation]. Moscow, 2008. 119 p.
- [7] Tyrnov O.F., Garmash K.P., Gokov A.M., Gritchin A.I., Dorohov V.L., Kontzevaya L.G., Kostrov L.S., Leus S.G., Martynenko S.I., Misyura V.A., Podnos V.A., Pokhilko S.N., Rozumenko V. T., Somov V. G., Tsymbal A. M., Chernogor L. F., Shemet A. S. The radiophysical observatory for remote sounding of the ionosphere. *Turkish Journal of Physics*, 1994, vol. 18, No 11, pp. 1260-1265.
- [8] Garmash K.P. *Regulyarizatsiya obratnoi zadachi v metode chastichnyh otrazhenii* [Regularization of the inverse problem in the differential absorption experiment]. *Vestnik Kharkovskogo Universiteta. Radiofizika i elektronika*, 1991, No 355, pp. 61-64.