

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМАХ РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН ДИАПАЗОНА 2-4 МГЦ НА НЕОДНОРОДНОСТЯХ ПЛАЗМЫ В НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЕ

Гоков А.М., Тырнов О.Ф.

Харьковский государственный университет, пл. Свободы, 4, Харьков-310077, Украина

тел.: 380-572-471012, e-mail: Alexander M.Gokov@univer.kharkov.ua

Аннотация - Приведены результаты экспериментальных исследований механизмов, ответственных за частичные отражения радиоволн диапазона 2-4 МГц в естественных невозмущенных условиях, выполненные на основе анализа банка данных, полученных в ХГУ методом ЧО в различных гелиогеофизических условиях. Проанализированы соотношения между отраженной и рассеянной составляющими в зеркально отраженных сигналах и радиошумах.

I. Введение

Для изучения пространственно-временных изменений параметров D-области ионосферы используется метод частичных отражений (ЧО). Для получения профилей плотности электронов $N(z)$ важно знать механизмы, ответственные за частичные отражения радиоволн. Обычно используют частоты 2-4 МГц. Природу ЧО сигналов изучают по распределениям их амплитуд $A_{o,n}$ (индексы o и n соответствуют магнитоионным поляризациям и далее будут опускаться). Вероятности распределений A исследовались в ряде работ [1-6], из которых следует, что на частотах зондирования $\sim 2-2.5$ МГц для $z \leq 80-85$ км распределение A подчиняется, в основном, закону Релея, а на $z \geq 85$ км - закону Райса, что может быть обусловлено наличием у поля ЧО сигналов E отраженной E_K составляющей наряду с рассеянной E_P . Результаты работ [1-6] не носят систематического характера, поэтому для выяснения физической модели области, формирующей ЧО сигналы, необходимы систематические эксперименты. Такие исследования начаты в [7], в настоящей работе продолжены с использованием существенно большего массива экспериментальных данных.

II. Результаты исследований

Для выделения E_K и E_P составляющих использована методика [1], согласно которой при рассеянии отношение $p = \langle A^2 \rangle / \langle A \rangle^2 = 1.27$. При наличии одновременно процессов рассеяния и отражения $1 < p < 1.27$; $\beta^2 = \langle |E_K|^2 \rangle / \langle |E_P|^2 \rangle \neq 0$. В случае значительного преобладания $\langle |E_K|^2 \rangle$ будет $p \rightarrow 1$, $\beta^2 \rightarrow \infty$. Высотные профили $\beta^2(z)$ определяются из $\langle A^2 \rangle = \langle |E_P|^2 (1 + \beta^2) \rangle$ и функциональной связи $\langle A^2 \rangle / \langle A \rangle^2 = f(\beta^2)$ [1].

Измерения амплитуд ЧО сигналов A и ради шумов $A_{ш}$ выполнены на аппаратуре [8] вблизи Харькова на частотах 2-4 МГц при длительности зондирующих импульсов 25 мкс с частотой повторения 1-10 Гц. Наблюдения проведены дневными и суточными циклами непрерывно или через 30-90 мин или при постоянных зенитных углах Солнца в различные

сезоны года. Данные распределены на два массива: летние - период от весеннего до осеннего равноденствия, зимние - от осеннего до весеннего. Длительность регистраций составляла 10-15 мин, абсолютная погрешность определения β^2 была $\delta \beta^2 < 0.2$. Исследование проведено для двух высотных диапазонов: $z < 81$ км и $z > 81$ км. Общее число измерений β^2 составило 380 (лето) и 430 (зима).

Характерным оказалось то, что для $z < 81$ км имело место значительное преобладание E_P над E_K : E_K отсутствовала ($\beta = 0$) примерно в 70% случаев зимой и 75% летом. Значения $p > 1.27$ имели место в 26% и 28% случаев и определить значения β было нельзя. Для $z > 81$ км $1 < p < 1.27$ и $\beta \neq 0$ примерно в 55% случаев летом и 55-60% зимой. События с $p > 1.27$ имели место в 32% и 30% случаев соответственно. В остальных случаях $\beta = 0$.

На рис.1 приведены гистограммы распределений β^2 (без учета $\beta = 0$). Наиболее вероятные значения β находятся в интервале 0-3.

На рис. 2 представлены гистограммы β^2 для зеркально отраженных сигналов и ради шумов. События с $p > 1.27$ имели место в 27% и 29% случаев летом и в 29% и 34% зимой соответственно.

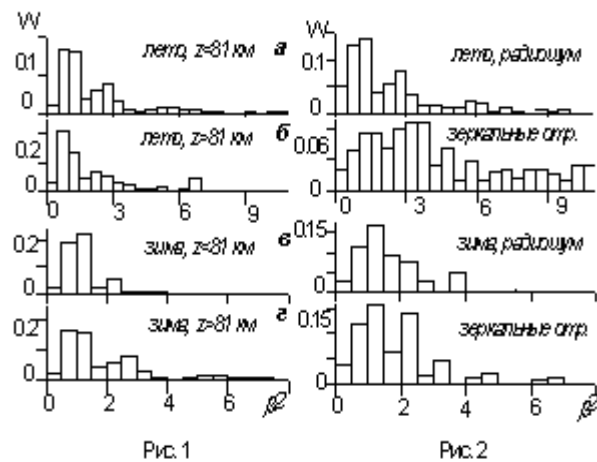


Рис.1. Гистограммы распределений β^2 (без учета $\beta = 0$) для частично отраженных сигналов (Histograms of distributions of β^2 (excluding $\beta = 0$) for the partially of the reflected signals).

Рис. 2 Гистограммы β^2 для зеркально отраженных сигналов и ради шумов (Histograms of β^2 for reflected specularly signals and radio noise).

III. Обсуждение

Приведенные результаты с учетом литературных данных позволяют утверждать о различии механизмов формирования неоднородностей плазмы в верхней и нижней частях невозмущенной D-области: на $z \leq 80-85$ км преобладает механизм объемного рассеяния, а на $z \geq 85$ км часто присутствуют одновременно рассеяние на мелкомасштабных и френелевское отражение на 'резких' неоднородностях плазмы. Дальнейшая задача состоит в изучении процессов, которые порождают E_k . Отметим также, что статистика случаев с $p > 1.27$ подтверждает результаты других исследований (см, например, [1-7]).

IV. Заключение

По мнению авторов, результаты работы совместно с данными других работ позволяют создать ясную картину о природе механизмов, ответственных за частичные отражения радиоволн диапазона 2-4 МГц в естественной невозмущенной D-области среднеширотной ионосферы, что позволяет проводить моделирование процессов.

V. Список литературы

- [1] В.А. Мисюра, Л.А. Пивень, Ю.П. Федоренко О природе частично отраженных сигналов // Ускорение частиц и плазменные эффекты в космосе. Киев: Наукова думка, 1976. С. 14-23.
- [2] H.A. Von Biel Amplitude distributions of D-region partial reflections // J. Geophys. Res. 1971. V. 76. Pp. 8365-8371.
- [3] D.B. Newman, A.J. Ferraro Amplitude distributions of partially reflected signals from the midlatitude D-region // J. Geophys. Res. 1976. V. 80. № 13. Pp. 2442-2448.
- [4] J. D. Mathews, J. H. Shapiro, B. S. Tanenbaum Evidence for disturbed scattering in the D-region partial reflection processes // J. Geophys. Res. 1973. V. 78. №34. Pp. 8266-8275.
- [5] В.А. Мисюра, А.М. Гоков, В. Л. Дорохов и др. Результаты исследований высокоширотной нижней ионосферы методом частичных отражений // Космические исследования на Украине. Киев: Наукова думка, 1980. Вып. 14. С. 64-71.
- [6] В.А. Иванов Исследование D-области ионосферы методом частичных отражений. Йошкар-Ола; М., 1985. 196 с. - Деп. в ВИНТИ №8349-В85.
- [7] А.М. Гоков, А.И. Гритчин Экспериментальные исследования некоторых механизмов, описывающих природу частично отраженных сигналов // Геомагнетизм и аэронавигация. 1993. Т. 33. №1. С. 170-174.
- [8] А.И. Гритчин, В.Л. Дорохов, Л.Г. Концевая и др. Стационарный комплекс аппаратуры для исследования нижней ионосферы методом частичных отражений // Вестник Харьковского ун-та. Радиофизика и электроника, 1988, №318. С. 21-24.

TO A QUESTION ON MECHANISMS OF 2-4 MHz RADIO WAVES SCATTERED BY PLASMA IRREGULARITIES IN THE LOWER IONOSPHERE

A.M. Gokov, O.F. Tyrnov
Kharkov State University
Svoboda Sq., 4, Kharkov-310077, Ukraine
e-mail: Alexander.M.Gokov@univer.kharkov.ua
phone: (380-572) 47-10-12

Abstract - The results of experimental investigations of

mechanisms responsible for partial reflections of 2-4 MHz radio waves under natural undisturbed conditions, carried out on the basis of the data obtained at Kharkov State University under different heliogeophysical conditions, are presented. Relationship between the reflected and scattered components in specularly signals and radio noises are analysed.

I. Introduction

The partial reflection (PR) technique is used for studying space-time changes in the ionospheric D-region parameters. PR nature of the signals is studied using distributions of their amplitudes (A). Probabilities of A distributions were investigated in [1-6], nevertheless the results of these papers are not of a systematic character, therefore it is necessary to conduct systematic experiments in order to construct a physical model of the region forming PR signals. Such investigations were begun in [7], being continued in the given paper using a considerably larger amount of the experimental data.

II. Results

The methods from [1] were used for separating out E_k and E_p components. Measuring amplitudes of PR signals and radio noises was carried out using the equipment [8] at 2-4 MHz in the vicinity of Kharkov. The investigation were conducted over the daytime and diurnal cycles in a non-stop way or in 30-90 min.

The data were distributed to two sorts: summer ones - a period from the spring to the autumnal equinox; winter ones - from the autumnal to the spring equinox. The record duration was 10-15 min. The investigation was carried out for two height ranges: $z < 81$ km and $z > 81$ km. The total number of β measurements was 380 (summer) and 430 (winter).

It was found to be characteristic that for $z < 81$ km, E_p considerably prevailed over E_k : E_k did not occur ($\beta = 0$) approximately in 70% of the winter and 75% in the summer cases. For $z > 81$ km, $1 < p < 1.27$ and $\beta \neq 0$ were in 55% of the summer and 55-60% of the winter cases. Events with $p > 1.27$ occurred in 26%, 28% and 32%, 30% of the cases respectively.

Fig.1 shows histograms of the β^2 distributions (without $\beta = 0$).

Fig.2 presents β^2 histograms for specularly-reflected signals and radio noises. Events with $p > 1.27$ occurred in 27% and 29% for the summer cases and 29% and 34% of the winter cases, respectively.

III. Discussion

The results presented an those from other papers allow to state that there is a difference between mechanisms of forming plasma irregularities in the upper and lower parts of the undisturbed ionospheric D-region: a mechanism of volume scattering prevails at $z \leq 80-85$ km; and at $z \geq 85$ km, one often observed simultaneously both scattering by small-scale irregularities and Fresnel reflecting by sharp plasma irregularities. A statistical conclusion drawn when analysing the $p > 1.27$ cases in confirmed by the results of other investigations.

IV. Conclusion

The results of this paper together with the data of other works allow to make up a clear picture of nature of the mechanisms responsible for partial reflections of the 2-4 MHz radio waves in the natural undisturbed D-region of the middle latitude ionosphere, with allows to model some processes.