

ХАРАКТЕРИСТИКИ F-РАССЕЯНИЯ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ И ИХ СВЯЗЬ С УРОВНЕМ МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

В.А. Телегин¹, Г.А. Жбанков², В.А. Панченко¹, В.Г. Воробьев³, О.И. Ягодкина³

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, г. Москва; e-mail: telvika@gmail.com

²Научно-исследовательский институт физики, ЮФУ, г. Ростов на Дону

³Полярный геофизический институт, г. Апатиты

Аннотация. В работе использовался разработанный авторами автоматизированный алгоритм оценки силы F-рассеяния по частоте, успешно верифицированный путём сравнения с результатами ручной обработки данных ионозонда DPS-4. Определялась интенсивность F-рассеяния в мегагерцах (параметр dFs) и в баллах (0, 1, 2, 3). Показано, что наиболее сильное рассеяние (3 балла) с наибольшей вероятностью наблюдается в околополуденные часы, в то время как слабые рассеяния балла 0 с максимальной вероятностью наблюдаются в дневные часы. Суточное распределение F-рассеяния баллов 1 и 2 в зимний сезон указывает на наличие дополнительных максимумов в интервалах 03-06 UT и 14-17 UT, появление которых может быть связано с терминатором. Несмотря на большой объём статистики, обработанные данные не позволяют сделать выводов об однозначной зависимости вероятности появления F-рассеяния ни от Kp индекса, ни от Dst , ни от AL , хотя во время бури 17 – 22 марта 2015 г. значения частотного интервала рассеяния dFs как в ночные, так и в дневные часы сильно увеличились, но не сразу после начала бури, а в период ее восстановления (20-22 марта).

Введение

В работе использованы 15-ти минутные ионограммы DPS-4 (Москва, ИЗМИРАН) за 2013-2014 гг. Определялась интенсивность F-рассеяния в мегагерцах (параметр dFs) и в баллах (0, 1, 2, 3) по методике [1]. Использовался разработанный авторами автоматизированный алгоритм оценки силы F-рассеяния по частоте [2]. После проведения верификации работы алгоритма путём сравнения с результатами ручной обработки был сделан вывод о его пригодности для массовой обработки данных DPS-4. Построен суточный ход вероятности наблюдения F-рассеяния различных типов. Установлено, что наиболее сильное рассеяние (3 балла) с наибольшей вероятностью наблюдается в околополуденные часы, в то время как слабые рассеяния балла 0 с максимальной вероятностью наблюдаются в дневные часы.

Суточное распределение F-рассеяния баллов 1 и 2 в зимний сезон указывает на наличие дополнительных максимумов в интервалах 03-06 UT и 14-17 UT, появление которых может быть связано с терминатором.

Кроме оценки степени F-рассеяния в баллах, алгоритм позволял провести оценку параметра dFs - уширение ионограммы по частоте в МГц (рис. 2).

Наиболее характерной чертой суточного хода величины dFs является хорошо выраженный ночной максимум, небольшое увеличение в полуденные часы местного времени и дополнительные два пика в предполуденные и послеполуденные часы. Появление предполуденного пика по времени совпадает с началом роста электронной концентрации в слое F2, а послеполуденный максимум формируется на поздней стадии уменьшения концентрации, что позволяет рассматривать появление максимумов как эффект терминатора.

January, February, March 2013

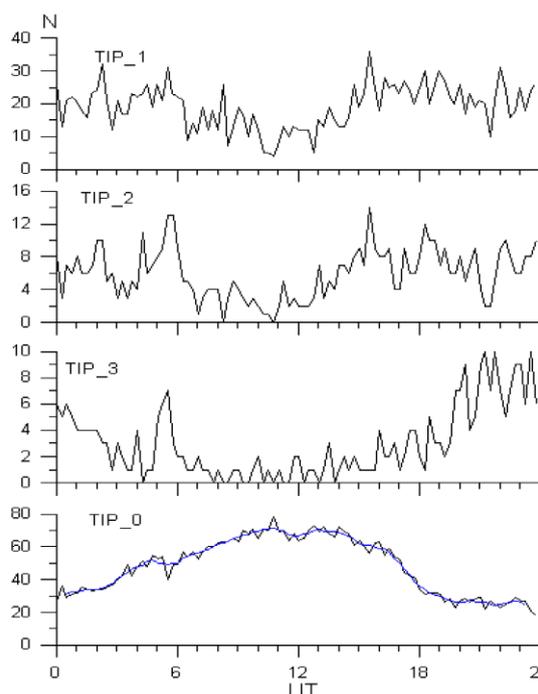


Рисунок 1. Результат обработки ионограмм ионозонда DPS-4. Суточное распределение по типам (баллам) рассеяния: тип 0 – отсутствие признаков F-рассеяния, тип 1 – слабое F-рассеяние, тип 2 – умеренное F-рассеяние, тип 3 – сильное F-рассеяние.

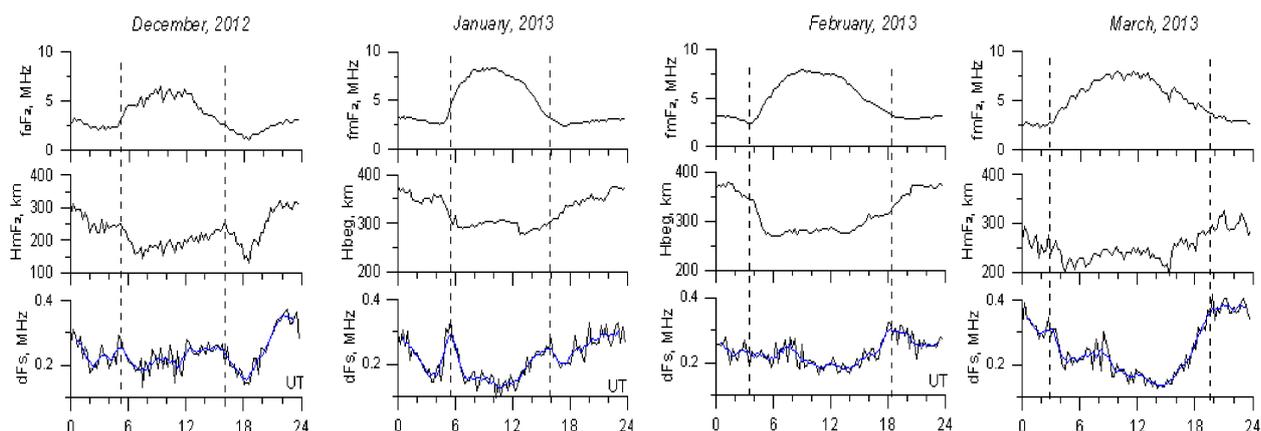


Рисунок 2. Поведение параметра dF_s (уширение ионограммы по частоте в МГц), высоты максимума слоя HmF и критической частоты f_oF в зимние месяцы. Эффекты, связанные с терминатором, отмечены вертикальными штриховыми линиями

Зависимость уширения ионограмм по частоте dfs от параметров слоя $F2$

Полученная в ходе обработки ионограмм автоматическим алгоритмом зависимость уширения ионограмм по частоте dfs от параметров слоя $F2$ имеет тенденцию к распаду на 2 ветви (рис. 3). Особенно это заметно, когда исследуется зависимость dfs от нового, вводимого авторами параметра $Hbeg$, который является высотой начала интервала высот, где производится оценка dfs . $Hbeg$ вычисляется для каждой ионограммы и является некоторой функцией профиля $N(h)$ электронной концентрации слоя $F2$. Красные ветви, где наблюдаются большие максимальные значения dfs , относятся к ночным условиям, а синие – к дневным.

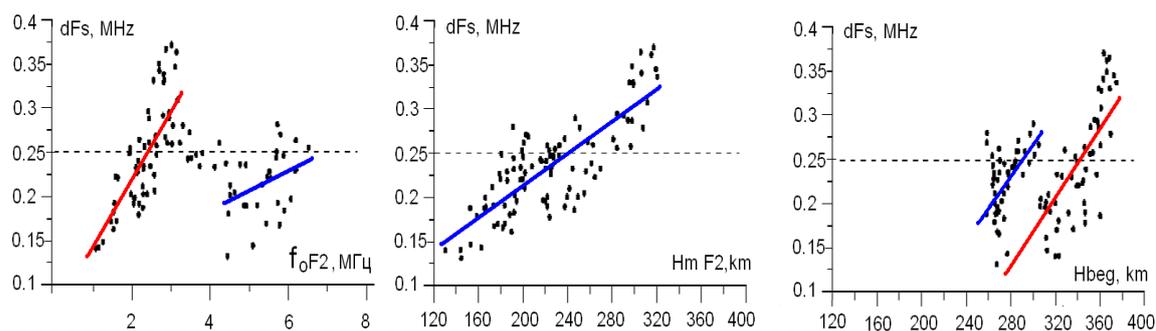


Рисунок 3. Зависимость уширения ионограмм по частоте dfs от параметров слоя $F2$.

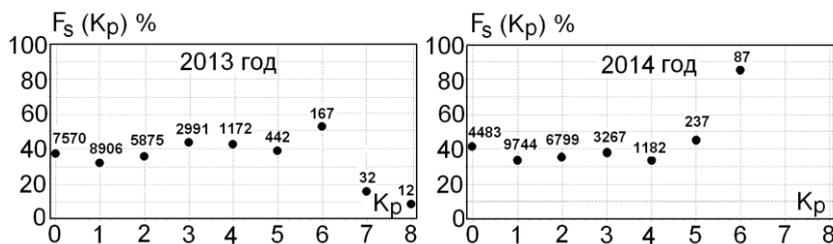


Рисунок 4. Вероятность наблюдения F -рассеяния в зависимости от планетарного индекса K_p .

Зависимость вероятности наблюдения F -рассеяния от магнитных индексов

Учитывая, что априори неясно, как изменение магнитного поля влияет на появление F -рассеяния, проведено сравнение характеристик F -рассеяния с различными магнитными индексами за указанный период. (K_p , Dst , AL). Начнём с K_p . Объём статистики

для каждого значения индекса K_p на рисунке дан цифрами над точками графика. Несмотря на большой объём статистики и качественное сходство кривых для 2013 и 2014 гг., обработка данных без разбивки по сезонам и времени суток не позволила сделать выводов об однозначной зависимости вероятности появления F -рассеяния от индекса K_p .

Аналогичная картина наблюдается и для индекса авроральной струи AL (рис. 5).

Как и для индекса K_p , в январе месяце вероятность появления F -рассеяния практически не зависит от индекса Dst и индекса авроральной струи AL .

Практическое отсутствие зависимости F -рассеяния от перечисленных индексов не означает, что магнитная активность вообще не влияет на появление F -рассеяния. Так, первые детальные исследования показывают, что в конкретных событиях (например, во время бури 18-22) такая связь может быть прослежена.

Заключение

Применение авторского автоматического алгоритма определения значения частотного интервала рассеяния dFs на большом массиве данных $DPS-4$ показал его хорошую работоспособность и позволил обнаружить связь характеристик F -рассеяния с параметрами слоя $F2$.

Практическое отсутствие зависимости F -рассеяния от употребительных магнитных индексов не означает, что магнитная активность вообще не влияет на появление F -рассеяния. Почти отрицательный результат нашего исследования может быть отчасти объяснён тем, что все сезоны года и времена суток, положительные и отрицательные фазы возмущений были объединены для увеличения статистики при испытаниях алгоритма.

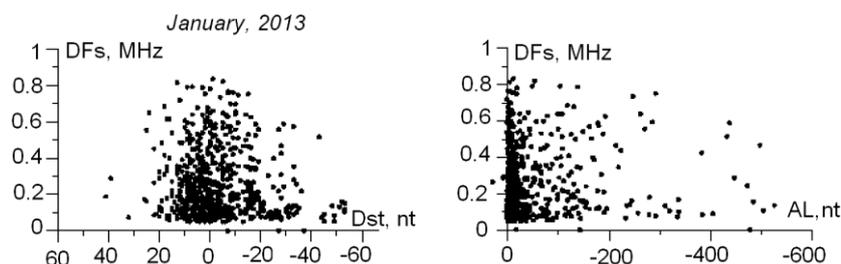


Рисунок 5. Связь параметров F -рассеяния с Dst -индексом и индексом авральной струи AL .

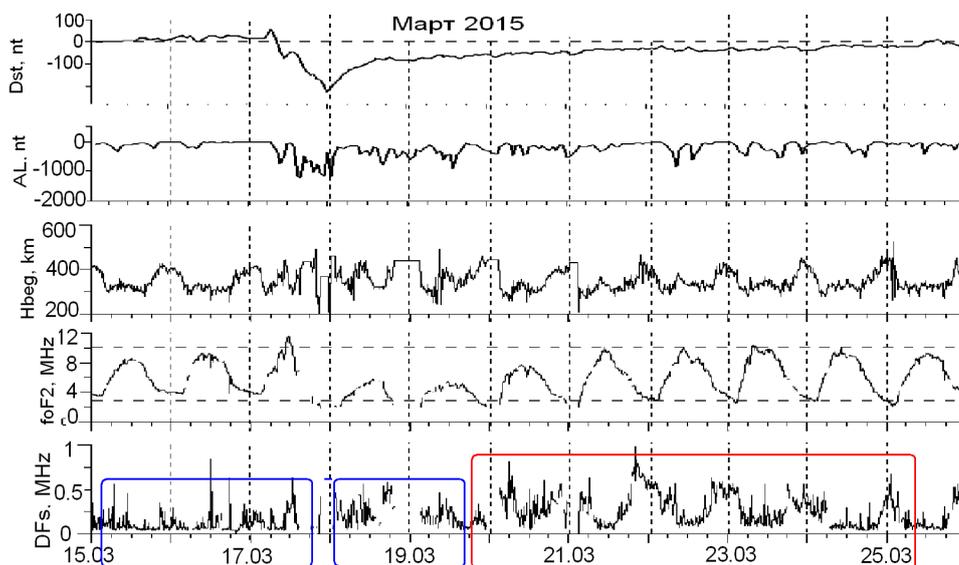


Рисунок 6. Связь параметра F -рассеяния dfs с изменениями магнитного поля во время магнитной бури 17-22 марта 2015 г. Величины dfs 15-17 марта невелики, 19-марта – dfs чуть больше, 21-25 марта dfs существенно выше.

Необходимо продолжить исследование поведения индексов F -рассеяния в конкретных событиях, и здесь возможен другой результат. Так первые детальные исследования показывают, что в начале бури 17 марта 2015 г, когда наблюдалась положительная фаза в $foF2$, не было существенного изменения параметров F -рассеяния, а затем, 18-20 марта в отрицательной фазе изменений $foF2$, и особенно далее, в период восстановления (20-22 марта), значения частотного интервала рассеяния dFs сильно увеличились.

Список литературы

1. Гершман Б.Н., Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д., Чернобровкина Н.А. Явление F -рассеяния в ионосфере // Наука. Москва. 140 с. 1984.
2. Телегин В.А., Панченко В.А., Г.А. Жбанков, Рождественская В.И. Автоматизированная обработка данных F -рассеяния. В наст. Сборнике. С. 130- 133. 2016.