

С.А. ПАЗЮРА, канд. физ.-мат. наук, н.с., Институт ионосферы НАН и МОН Украины

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА ВО ВРЕМЯ СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ БУРЬ

Дослідження відгуку шару F та зовнішньої іоносфери на сильні магнітні бурі. Спостереження проведені за допомогою радару некогерентного розсіяння в Харкові. Знайдено рідкі для середніх широт ефекти негативного іоносферного збурення, у тому числі зменшення концентрації електронів у 6–7 разів, підйом шару $F2$ іоносфери на 150–300 км, незвичайний нічний нагрів плазми зі збільшенням температури іонів та електронів до 2000 та 3000 К.

The F region and topside ionosphere response to extreme magnetic storms are research. The observations are carried out by the Kharkov incoherent scatter radar. Uncommon for middle latitudes strong effects of negative ionosphere disturbance including the electron density decrease by a factor of 6–7, uplifting of the $F2$ layer by 150–300 km, unusual night heating of plasma with increase of ion and electron temperatures by up to 2000 and 3000 K have been revealed.

Постановка задачі. Расположение харьковского радара некогерентного рассеяния (НР) (геомагнитная широта 45.7° , $L \approx 2.0$) дает возможность исследовать эффекты, связанные с процессами ионосферно-магнитосферного взаимодействия глубоко во внутренней плазмосфере. Такие эффекты становятся существенными во время сильных геокосмических бурь.

Інтенсивні бурі приводять к нарушенням радиосвязи, сбоям в работе линий электропередач, систем навигации, изменению траекторий космических аппаратов, влияют на здоровье людей и состояние всей биосферы.

Накопленный материал свидетельствует о многообразии и сложном взаимодействии процессов, формирующих бурь, что делает каждую бурю уникальной и затрудняет прогнозирование возмущений в ионосфере [1–3].

Сильные ионосферные бурь охватывают всю ионосферу от высоких широт до экватора. Однако характер их протекания зависит от многих геофизических факторов. Сложность и изменчивость физических процессов, формирующих бурю, зависимость вклада различных физических механизмов от географического региона приводят к большому многообразию наблюдаемых явлений в различных пунктах [4]. Анализ каждой бурь дает ценную информацию для дальнейшего исследования и моделирования физических процессов в системе Солнце – межпланетная среда – геокосмос – атмосфера – Земля, а также для прогнозирования реакции ионосферы конкретного региона на возмущения на Солнце.

Цель статьи – исследование особенностей развития ионосферных возмущений в средних широтах европейского региона, которые получены на базе анализа результатов наблюдений сильных геокосмических бурь.

Ионосферные возмущения над Харьковом. В таблице приведены основные параметры рассматриваемых геокосмических бурь.

Таблица

Основные параметры геокосмических бурь

Параметр	29 – 30 мая 2003 г.	7 – 10 ноября 2004 г.
K_{pmax}	8+	9–
D_{stmin} , нТл	–131	–373
B_{zmin} , нТл	–15	–45
AE , нТл	2000–2500	2500
ε_{max} , ГДж/с	75	450

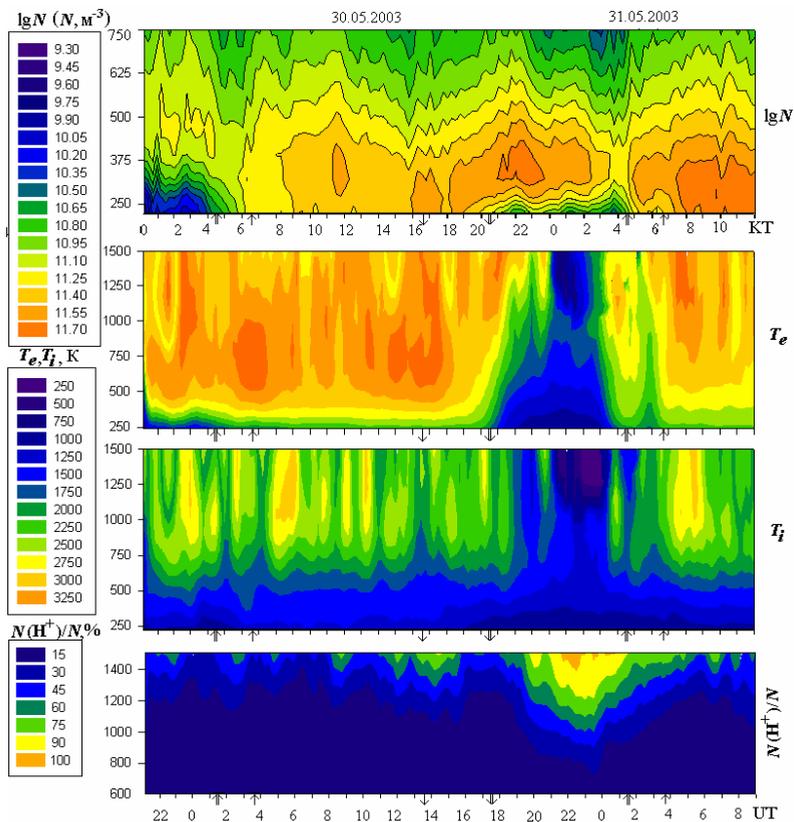


Рис. 1. Вариации параметров ионосферы 30 – 31 мая 2003 г. по данным харьковского радара НР

Геокосмические бури в мае 2003 г. и ноябре 2004 г. вызывали интенсивные ионосферные бури с отрицательными фазами.

Во время магнитной бури в мае 2003 г. обнаружены редкие для средних широт эффекты отрицательного ионосферного возмущения (рис. 1). Среди них уменьшение концентрации электронов в максимуме слоя $F2$ до 4 раз во время главной фазы бури; необычный ночной нагрев плазмы 29 – 30 мая с увеличением температуры ионов и электронов на высотах 300 – 800 км до дневных значений 1200 – 2400 К и 2000 – 3200 К соответственно, тогда как в спокойных условиях значения этих температур ночью составляли около 800 К; увеличение высоты максимума слоя $F2$ приблизительно на 150 км ночью во время главной фазы магнитной бури и на 70 км вблизи полудня; уменьшение относительной концентрации ионов водорода $N(H^+)/N$ более чем на порядок величины ночью, в течение главной фазы бури, по сравнению со спокойными условиями.

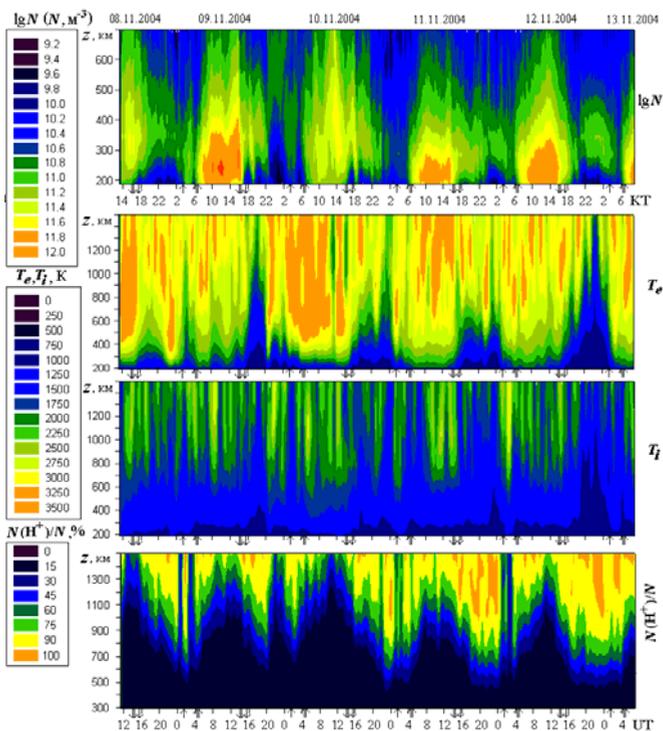


Рис. 2. Вариации параметров ионосферы 8 – 13 ноября 2004 г. по данным харьковского радара НР

Геокосмическая буря, состоящая из двух последовательных магнитных возмущений 7–8 и 9–10 ноября 2004 г., была связана с высокой вспышечной активностью Солнца, которая является необычной для перехода к фазе минимума солнечного цикла. Главная фаза бури сопровождалась сильным отрицательным ионосферным возмущением, в том числе уменьшением концентрации электронов, в максимуме слоя $F2$ до 6–7 раз (рис. 2). В активные периоды бури наблюдалось увеличение высоты максимума слоя $F2$ приблизительно на 300 км ночью и на 150–180 км в дневное время. Возмущения вызывали необычный ночной нагрев плазмы до дневных значений температур $T_i = 1300–2000$ К и $T_e = 1600–3000$ К на высотах 250–750 км, а также уменьшение значений относительной концентрации ионов водорода $N(H^+)/N$ на фиксированных высотах во время главной фазы бури, достигавшие 1,5–3,5 раз по сравнению с контрольным днем.

Видно, что в течении рассмотренных ионосферных бурь наблюдаются следующие редкие для средних широт европейского региона возмущения ионосферной плазмы: глубокие отрицательные ионосферные возмущения с уменьшением концентрации электронов более 4 раз; необычный ночной нагрев ионосферной плазмы; уменьшение относительной концентрации ионов водорода более чем на порядок величины в ночные часы.

Выводы. В результате проделанной работы по результатам радарных измерений решена задача, направленная на установление количественной оценки пределов изменения параметров ионосферной плазмы во время геомагнитных бурь для данного региона. Установлены редкие для средних широт европейского региона возмущения ионосферной плазмы, которые требуют последующего физического истолкования.

Список литературы: 1. Черногор Л.Ф. Физика Земли, атмосферы и геокосмоса в свете системной парадигмы / Л.Ф. Черногор // Радиофизика и радиоастрономия. – 2003. – 8, № 1. – С. 56 – 104. 2. Данилов А.Д. Ионосферные бури в области F2. Морфология и физика (Обзор) / А.Д. Данилов, Л.Д. Морозова // Геомагнетизм и аэрономия. – 1985. – 25, № 5. – С. 705 – 721. 3. Куркин В.И. Комплексные исследования ионосферных эффектов геомагнитных бурь в северо-восточном регионе России / В.И. Куркин, О.М. Пирог, Н.М. Полех, А.В. Тащилин, Б.Г. Шпынев, М.А. Кручинина, В.Ф. Смирнов // Труды XX Всероссийской конференции по распространению радиоволн. – Нижний Новгород. – 2002. – С. 62 – 63. 4. Buonsanto M.J. Ionospheric Storms – A Review / M.J. Buonsanto // Space Science Reviews. – 1999. – 88, № 3 – 4. – P. 563 – 601.

Поступила в редколлегию 31.05.2010