

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЛАБОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ БУРИ  
24 ДЕКАБРЯ 2017 г. НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ЭЛЕКТРОНОВ В  
МАКСИМУМЕ СЛОЯ F2 ИОНОСФЕРЫ В РАЗНЫХ ШИРОТАХ  
ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА**

**М.А. ШУЛЬГА<sup>1\*</sup>, Д.В. КОТОВ<sup>2</sup>, А.В. БОГОМАЗ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> аспірант кафедри Радиоелектроніка, НТУ «ХПИ», м.н.с., Інститут іоносфери НАН і МОН України, Харків, УКРАЇНА

<sup>2</sup> доцент кафедри Радиоелектроніка, канд. физ.- мат наук, НТУ «ХПИ», с.н.с., Інститут іоносфери НАН і МОН України, Харків, УКРАЇНА

<sup>3</sup> доцент кафедри Радиоелектроніка, канд. тех. наук, НТУ «ХПИ», завідуючий відділом, Інститут іоносфери НАН і МОН України, Харків, УКРАЇНА

\*email: marina.shulga23@gmail.com

Электронная концентрация является основным определяющим параметром ионосферы. В частности, информация об электронной концентрации в максимуме слоя F2 (NmF2) важна для применения высокочастотной радиосвязи, работы радиолокационных систем, спутниковой навигации, моделирования ионосферы, а также для описания поведения ионосферы при различных условиях космической погоды.

В настоящее время исследованиям и анализу NmF2 посвящено много работ [1-5], которые описывают долготные, сезонные, годовые, суточные вариации в зависимости от уровня солнечной и геомагнитной активности для разных регионов земного шара. Стоит отметить, что особое внимание уделяется исследованию влияния сильных геокосмических бурь на ионосферу. Однако, изучение и анализ поведения параметров ионосферной плазмы при слабых геомагнитных возмущениях не менее актуально, поскольку существенные изменения ионосферы происходят даже при очень слабом росте геомагнитной активности.

Целью данной работы является исследование и анализ временных вариаций NmF2 для периода близкого к зимнему солнцестоянию 22 - 26 декабря 2017 г. и выявление эффекта слабой геомагнитной бури 24 декабря 2017 г. в разных широтах Европейского региона.

В данной работе использованы данные о критической частоте слоя F2 ионосферы foF2, полученные с помощью ионозонда, расположенного в обсерватории Института ионосферы и базы данных цифровых ионограмм Digital Ionogram Database для 7 станций вертикального зондирования ионосферы, расположенных в разных геомагнитных широтах Европейского региона [6].

Для расчёта значений концентрации электронов в максимуме слоя F2 ионосферы использовано следующее соотношение [4,5]:

$$NmF2 = foF2^2 \cdot 1.24 \cdot 10^{10},$$

где  $NmF2$  – электронная концентрация в максимуме слоя F2 (м-3);  $foF2$  – критическая частота слоя F2 ионосферы (MHz).

Анализ суточных и широтных вариаций концентрации электронов в максимуме слоя F2 в период зимнего солнцестояния позволил выявить, что для внешних магнитных силовых трубок значения концентрации электронов в магнитоспокойный период увеличивались в ночные часы примерно в 1.5 раза. Предположительно основной причиной такой реакции  $NmF2$  является усиление нисходящих потоков ионов  $H^+$  из плазмосферы в ионосферу в ночные часы [7].

В результате слабой геомагнитной бури 24 декабря 2017 г. ночные значения  $NmF2$ , которые были получены на станциях Moscow, Juliusruh, Chilton, Dourbes, Pruhonice, Kharkiv 25 – 26 декабря 2017 г. уменьшились в 1.5 – 2 раза по сравнению со значениями концентрации для предыдущих ночей. Такой спад электронной концентрации мог быть вызван частичным опустошением магнитной силовой трубки в послебуревой период в интервале времени 02:00 – 05:00 UT 25 декабря 2017 г. и ослабленным нисходящим потоком ионов  $H^+$  в ночные часы 25 – 26 декабря 2017 г. На более низких широтах реакция  $NmF2$  на слабую геомагнитную бурю была выражена слабее и особо не повлияла на вариации электронной концентрации в максимуме слоя F2 ионосферы.

#### **Список литературы:**

1. Richards, P. G. Seasonal and solar cycle variations of the ionospheric peak electron density: Comparison of measurement and models / P. G. Richards // Geophysical Research. – 2001. – V. 106. – № A7. – P. 12,803–12,819.
2. Gerzen, T. Reconstruction of F2 layer peak electron density based on operational vertical total electron content maps / T. Gerzen, N. Jakowski, V. Wilken, M. M. Hoque // Annales Geophysicae. – 2013. – V. 31. – №. 7. – P. 1241–1249.
3. Hoque, M. M. A new global empirical  $NmF2$  model for operational use in radio systems / M. M. Hoque, N. Jakowski // Radio Science. – 2011. – V. 46. – № 6. – P. 1–13.
4. Ma, R. Seasonal and latitudinal differences of the saturation effect between ionospheric  $NmF2$  and solar activity indices / R. Ma, J. Xu, W. Wang, W. Yuan // Geophysical Research. – 2009. – V. 114. – P. A10303.
5. Perna, L.  $NmF2$  trends at low and midlatitudes for the recent solar minima and comparison with IRI-2012 model / L. Perna, M. Pezzopane, R. Ezquer, M. Cabrera, J. A. Baskaradas // Advances in Space Research. – 2017. – V. 60. – P. 363–374.
6. Digital Ionogram DataBase. URL: <http://giro.uml.edu/didbase/scaled.php>.
7. Kotov, D. V. Coincident Observations by the Kharkiv IS Radar and Ionosonde, DMSP and Arase (ERG) Satellites, and FLIP Model Simulations: Implications for the NRLMSISE-00 Hydrogen Density, Plasmasphere, and Ionosphere / D. V. Kotov, P. G. Richards, V. Truhlik, O. V. Bogomaz, M. O. Shulha, N. Maruyama, M. Hairston, Y. Miyoshi, Y. Kasahara, A. Kumamoto, Tsuchiya F., Matsuoka A., Shinohara I., Hernández-Pajares M., Domin I. F., Zhivolup T. G., L. Ya. Emelyanov, Ya. M. Chepurnyy // Geophysical Research Letters. – 2018. – V. 45. – P. 8062 – 8071.