

**ИОНОЗОНДОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЭФФЕКТОВ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ
20 МАРТА 2015 г. НАД ЕВРОПОЙ**

¹В.В. Барабаш, ²Л.Ф. Черногор

**IONOSONDE OBSERVATIONS OF EFFECTS OF MARCH 20, 2015 SOLAR ECLIPSE
OVER EUROPE**

¹V.V. Barabash, ²L.F. Chernogor

Проанализированы ионограммы ряда европейских ионозондов («Харьков», «Москва», «Прухониц», «Сан Вито» и др.), полученные 20 марта 2015 г. и в контрольные дни. Особенностью данного затмения было то, что оно протекало на фоне фазы восстановления очень сильной магнитной бури, начавшейся 17 марта 2015 г. Эффекты солнечного затмения в значительной степени маскировалось эффектами ионосферной бури.

The ionograms from a number of European ionosondes (“Kharkiv”, “Moscow”, “Pruhonice”, “San Vito”, et al.) were analyzed. That ionograms were obtained during the eclipse on March 20, 2015 and the reference days. This eclipse took place against the background of the recovery phase of very strong magnetic storm, which was started on March 17, 2015. The effects of the solar eclipse are largely masked by the effects of the ionospheric storm.

Введение

Солнечное затмение (СЗ) представляет исследователю уникальную возможность проследить за динамикой ионосферы на интервале времени в несколько часов [Черногор, 2013]. Возмущения в ионосфере, вызванные разными СЗ, существенно отличаются. Параметры этих возмущений зависят от времени наступления СЗ, состояния космической погоды, сезона и положения в цикле солнечной активности, географических координат и величины покрытия диска Солнца [Chernogor, 2010a, b, 2011, 2012, 2013; Chernogor et al., 2011; Garmash et al., 2011].

Цель настоящей работы – анализ результатов ионозондовых наблюдений возмущений в ионосфере, сопровождавших СЗ 20 марта 2015 г. над Европой.

Состояние космической погоды

Особенностью СЗ 20 марта 2015 г. было то, что оно имело место на фоне релаксирующей геокоsmической бури, начавшейся 17 марта 2015 г. Данная буря – самая сильная в текущем цикле солнечной активности ($D_{st\ min} \approx -230$ нТл, $K_p\ max \approx 8_-$, $AE_{max} \approx 1600$ нТл). Буря, постепенно затухая, продолжалась в течение недели. Так, 20 и 21 марта суммарный индекс ΣK_p составлял 27 и 22 соответственно. 20 марта имела место релаксирующая ионосферная буря, точнее ее отрицательная фаза. Значения критической частоты f_oF2 были примерно на 1–2 МГц ниже, чем в контрольный день 21 марта.

Частное (фаза 0.55–0.95) СЗ наблюдалось над Европой в утреннее время (табл.).

Вариации частоты f_oF2 волновые возмущения

Временные зависимости критической частоты для семи европейских станций приведены на рис. 1. Видно, что СЗ сопровождалось как плавными вариациями, так и квазипериодическими возмущениями частоты f_oF2 . Относительная концентрация электронов N_{min}/N_0 вблизи главной фазы СЗ составляла 0.49–0.87 (см. табл.). Временные зависимости амплитуды квазипериодических вариаций f_oF2 представлены на рис. 2. Видно, что амплитуда колебаний достигала 0.5 МГц, а период – 70–110 мин. Амплитуда δf_a и период T колебаний в день СЗ и контрольный день заметно отличались (см. табл.).

Выводы

1. Частное СЗ над Европой с фазой 0.55–0.95 привело к значительному возмущению F-области ионосферы. Критическая частота F-области ионосферы уменьшалась на 1–2 МГц или на 15–30%. Продолжительность возмущения достигала 2.5–3 ч. Минимальные значения f_oF2 запаздывали по отношению к моменту времени наступления главной фазы затмения примерно на 20 мин. Уменьшения концентрации электронов достигали 24–51%.

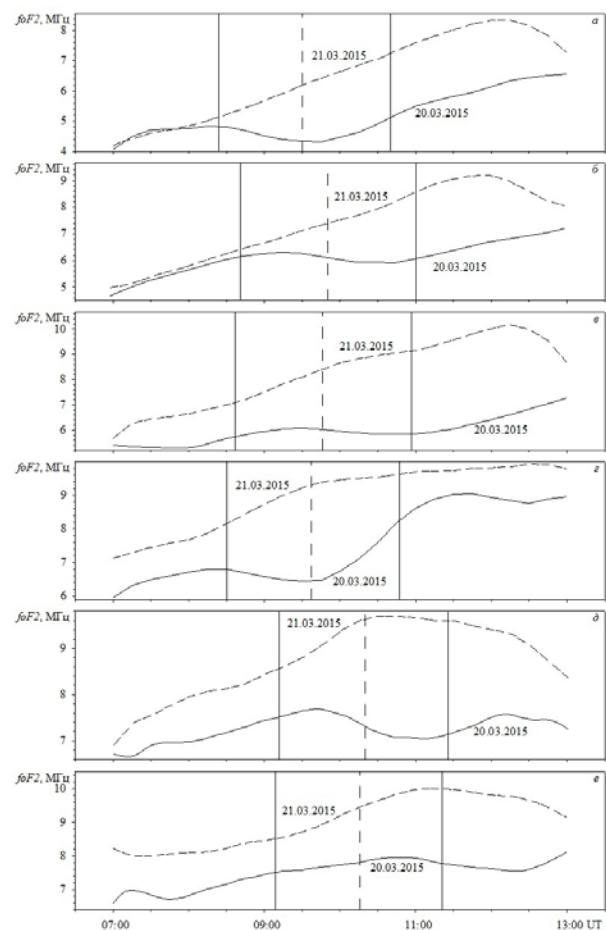


Рис. 1. Временные вариации усредненных значений критической частоты f_oF2 для станций Фзафорд – а, Юлисух – б, Прухониц – в, Сан Вито – г, Москва – д, Харьков – е.

Станция	Фэрфорд	Юлиусрух	Прухониц	Сан Вито	Тромсе	Харьков	Москва
Широта	51.7° N	54.6° N	50° N	40.6° N	69.6° N	49.6	55.5° N
Долгота	1.5° W	13.4° E	14.6° E	17.8° E	19.2° E	36.3° E	37.3° E
Начало СЗ	08:24	08:42	08:37	08:30	09:05	09:09	09:12
Максимальная фаза СЗ	09:30	09:50	09:46	09:37	10:09	10:15	10:20
Конец СЗ	10:40	11:00	10:57	10:47	11:13	11:21	11:26
Фаза	0.88	0.82	0.74	0.54	0.95	0.54	0.65
Покрытие	0.86	0.78	0.68	0.45	0.95	0.44	0.57
Высота Солнца	19.3–34.5°	26.9–35.1°	30.1–39.7°	37.4–45.4°	17.9–19.8°	39.6–35.8°	34.1–30.2°
Азимут Солнца	116.8–151.1°	136.2–175.8°	134.4–176.1°	131.5–176.6°	152.1–186.0°	169.3–211.2°	172.2–211.6°
N_{\min}/N_0	0.56	0.49	0.57	0.62	0.87	0.76	0.66
$T_{20.03.15}$, МИН	80–100	50–70	70–80	40–60	30–40	80–100	50–60
$\delta f_{a20.03.15}$, МГц	0.3	0.15–0.2	0.15	0.2	0.2	0.4	0.4
$T_{21.03.15}$, МИН	65–85	75–95	100–110	95–115	30–40	70–90	70–80
δf_a 21.03.15, МГц	0.1	0.15–0.2	0.15	0.1–0.2	0.2	0.2	0.2

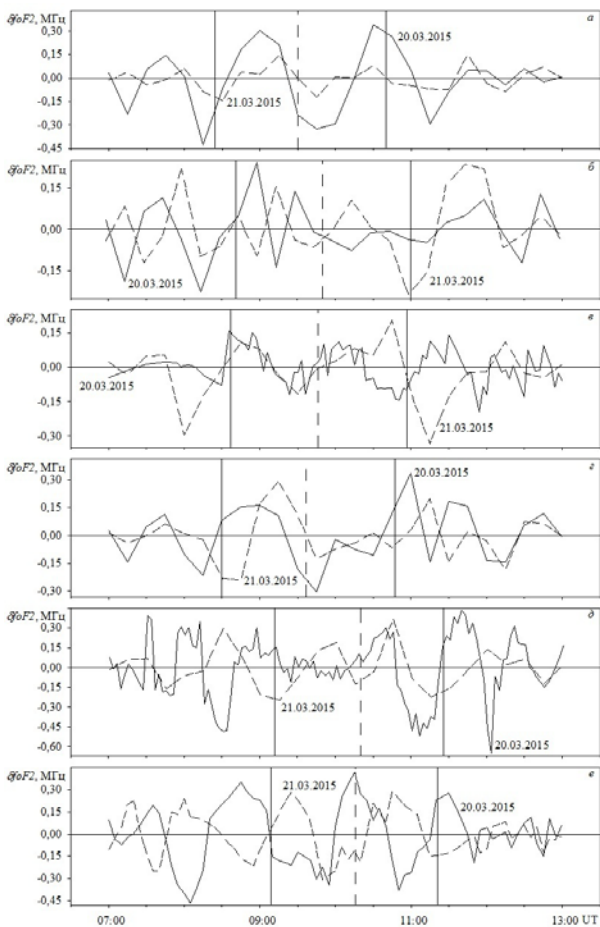


Рис. 2. Временные вариации амплитуды волновых возмущений δf_oF2 для станций Фэрфорд – а, Юлиусрух – б, Прухониц – в, Сан Вито – г, Москва – д, Харьков – е.

2. СЗ сопровождалось волновыми возмущениями с периодом 30–100 мин. Вблизи главной фазы затмения амплитуда волнового возмущения в ряде случаев уменьшалась. Кроме того, вблизи главной фазы наблюдался сбой фазы колебания. В день затмения период волновых возмущений заметно отли-

чался от периода в контрольный день. Амплитуда волновых возмущений на большинстве ионосферных станций в день затмения была примерно 1.1–2 раза больше, чем в контрольный день.

3. Ионосферная буря существенно повлияла на величину эффектов, вызванных СЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Черногор Л.Ф. Физические эффекты солнечных затмений в атмосфере и геосмосе: Монография. Х.: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2013. 480 с.

Chernogor L.F. Variations in the Amplitude and Phase of VLF Radiowaves in the Ionosphere during the August 1, 2008, Solar Eclipse // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2010. V. 50, N 1. P. 100–110.

Chernogor L.F. Wave Response of the Ionosphere to the Partial Solar Eclipse of August 1, 2008 // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2010b. V. 50, N 3. P. 346–361.

Chernogor L.F. Dynamic Processes in the Near-Ground Atmosphere during the Solar Eclipse of August 1, 2008 // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2011. V. 47, N 1. P. 77–86.

Chernogor L.F., Grigorenko Ye.I., Lyashenko M.V. Effects in geospace during partial solar eclipses over Kharkiv // *International Journal of Remote Sensing*. 2011. V. 32, N 11. P. 3219–3229.

Chernogor L.F. Effects of Solar Eclipses in the Ionosphere: Doppler Sounding Results // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2012. V. 52, N 6. P. 768–778, pp. 779–792.

Chernogor L.F. Physical Processes in the Middle Ionosphere Accompanying the Solar Eclipse of January 4, 2011, in Kharkov // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 53, N 1. P. 19–31.

Garmash K.P., Leus S.G., Chernogor L.F. Radiophysical Effects of the January 4, 2011 Solar Eclipse as Observed in the Parameters of Obliquely Propagating HF Signals // *Radio Physics and Radio Astronomy*. 2011. V. 2, N 4. P. 325–337.

¹Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина
²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина