

16-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»  
11-15 сентября 2006г., Севастополь, Украина

КрыМиКо 2006 CriMiCo

September 11-15, 2006, Sevastopol, Ukraine  
16th International Crimean Conference «Microwave & Telecommunication Technology»

11-15 сентября 2006 г.

Доклады на конференцию по следующим направлениям:

1. Твердотельные приборы и устройства СВЧ;
- 1а. Моделирование и автоматизированное проектирование твердотельных приборов и устройств;
2. Электроракуумные и микроракуумные приборы СВЧ;
3. Системы СВЧ связи, вещания и навигации;
4. Антенны и антенные элементы;
- 4а. Оптические технологии в антенной технике;
5. Пассивные компоненты;
- 5а. Материалы и технология СВЧ-приборов;
- 5б. Нанозлектроника и нанотехнология;
6. СВЧ-электроника сверхбольших мощностей и эффекты;
7. СВЧ-измерения;
8. Прикладные аспекты СВЧ-техники;
- 8а. СВЧ-техника в медицине и экологии;
9. Радиоастрономия, дистанционное зондирование и распространение радиоволн;
- Н. История СВЧ-техники и телекоммуникаций (доклады о юбилеях университетов, НИИ, КБ, журналов, исторических событий, выдающихся ученых).

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ В СРЕДНЕШИРОТНОЙ D-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ СОЛНЕЧНЫМ ЗАТМЕНИЕМ

Гоков А. М., Гритчин А., И., Тырнов О. Ф.  
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина  
г. Харьков, пл. Свободы 4, Украина, 61077  
тел.: 8057-7051251, e-mail: Alexander.M.Gokov@univer.kharkov.ua

**Аннотация** – По изменениям характеристик частично отраженных КВ сигналов и радишумов ( $f=2,2-2,41$  МГц) выполнены наблюдения за состоянием среднеширотной D-области ионосферы в период солнечных затмений 11 августа 1999 г. и 29 марта 2006 г. Установлены и объяснены сопутствующие затмениям изменения параметров ЧО сигналов, радишумов и концентрации электронов  $N$  в нижней части ионосферы (80–100 км). Установлено, что характерные процессы продолжались в течение 2–3 часов и вызваны в основном охлаждением атмосферного газа, уменьшением скорости ионизации и последующим уменьшением концентрации электронов на 40–50%. Обнаружено увеличение  $N$  в D-области в среднем на 200–250% (пиковое увеличение составило около 350%) через 50, 100 и 240 мин после солнечного затмения (длительностью процессов около 200 мин), обусловленное высыпанием электронов из магнитосферы, стимулированным затмением Солнца.

## I. Введение

Затмение Солнца (ЗС) в определенном регионе бывает сравнительно редко, поэтому наблюдение его дает уникальную возможность проследить за динамикой околоземной среды уточнить сопутствующие физические процессы. Динамические процессы при конкретном затмении зависят от геофизической обстановки, степени возмущенности Солнца и околоземной среды. Эффектам, сопутствующим ЗС, посвящен ряд публикаций (см., напр., [1–5]). Было установлено, что ЗС вызывает сложный комплекс физических и химических процессов в атмосфере, в ионосфере и в геомагнитном поле. Среди них отметим: охлаждение атмосферного газа, генерация ударной волны плотности и, как результат, акустико-гравитационных волн в атмосфере, уменьшение концентрации электронов в ионосфере, уменьшение температур электронов и ионов во внешней ионосфере, вариации геомагнитного поля и др. Отклик среднеширотной D-области на ЗС изучен еще мало из-за сложности процессов и их многообразия.

В работе приведены результаты экспериментальных наблюдений методом частичных отражений (ЧО) реакции региональной среднеширотной D-области ионосферы на солнечные затмения 11 августа 1999 г. и 29 марта 2006 г.

## II. Основная часть

Зондирование нижней ионосферы проводилось с помощью радара ЧО с параметрами: импульсная мощность передатчика  $P=150$  кВт, частота  $f=1,5-4,5$  МГц, длительность импульса 25 мкс, частота повторения  $F=10$  Гц, коэффициент усиления антенны  $G=40-150$ . Амплитуды ЧО сигнала и шумов после оцифровки с частотой 1 Гц записывались на магнитный носитель. Измерения выполнены в диапазоне высот 60–126 км с шагом по высоте 3 км.

ЗС 11 августа 1999 г. происходило с 12.57 до 15.29 LT, максимальное покрытие было в 14.13. Измерения выполнены 10, 11 и 12 августа 1999 г. Данные для первого и третьего дней использовались как

контрольные. Геофизическая обстановка 10 и 11 августа была спокойной, день 12 августа был умеренно-возмущенным. ЗС 29 марта 2006 г. происходило с 13.03 до 15.21, максимальное покрытие – в 14.03. Наблюдения выполнены 28–30 марта.

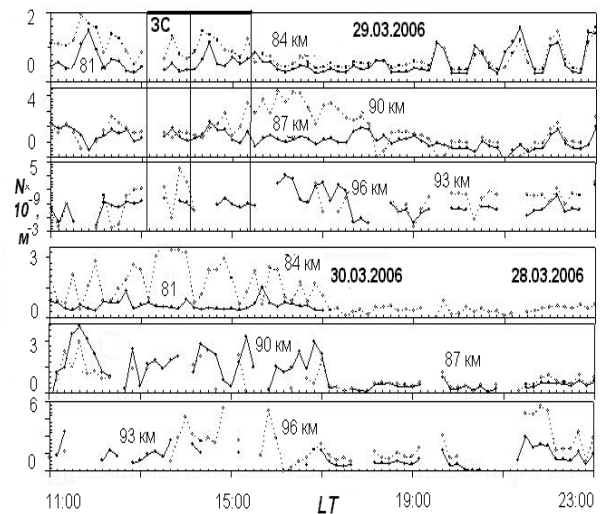


Рис. 1. Вариации концентрации электронов в D-области в период ЗС 29 марта 2006 г.

Fig. 1. Electron density variations in the D-region during 29 March 2006 Solar eclipse

Табл. 1. Параметры потоков электронов

Table 1. Electrons flow parameters

Дата	$\Delta q, \text{ м}^{-3}\text{с}^{-1}$	$\rho, \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$	$P, \text{ МВт}$	$E, \text{ ГДж}$
11.08.1999				
81 км	$32 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^7$	2,3	25
87 км	$108 \cdot 10^5$	$9,4 \cdot 10^7$	7,8	131
29.03.2006				
84 км	$54 \cdot 10^5$	$5,9 \cdot 10^7$	5,8	65
93 км	$48 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^7$	3,3	38
90 км	$134 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^8$	8,7	142

Геофизическая обстановка была спокойной. Оба ЗС были частичными. Максимальное значение функции покрытия Солнца  $A(t)$  в районе наблюдений (вблизи г. Харькова) составляло около 83% в первом случае и около 77% во втором. Оценки средних величин интенсивностей ЧО-сигнала  $\langle A_{o,x}^2 \rangle$  и шумов  $\langle A_{no,pxx}^2 \rangle$  осуществлялись по 60 реализациям на интервале времени 60 с. Высотные профили электронной концентрации  $N(z)$  вычислялись с погрешностью менее 30% по методике [6]. При покрытии диском Луны солнечного диска поверхность Земли и нижняя часть ее атмосферы охлаждается. Зависимости температуры воздуха  $T$  от времени в дни СЗ в целом не отличались: в течение первых 30 мин уменьшение  $T$  достигало 7 К (11 августа) и 2 К (29 марта), далее в течение 60 мин имело место ее увеличение к почти

фоновым значениям на 5 К и 2 К соответственно. Экспериментально установленные особенности в высотнo-временных вариациях концентрации электронов  $N(z,t)$  заключаются в следующем: 1. Отсутствие околорезонансного максимума электронной концентрации, наблюдавшегося с 12 до 15 ч в контрольные дни (высоты 81–93 км); 2. Увеличение  $N$  в 2–3 раза через 100–40 мин после начала ЗС на высотах 81–87 км соответственно (11 августа 1999 г.). Этот процесс продолжался 3–4 ч.; 3. Увеличение  $N$  в 2–3 раза через 90 мин после начала ЗС на высотах 90–93 км (29 марта 2006 г.); Этот процесс продолжался примерно 3 ч (рис. 1); 4. Квазипериодический (с периодом около 60 мин) рост в 2–3 раза  $N$  на высотах 81–84 км длительностью около 4 ч примерно через 4 ч после окончания ЗС 29 марта 2006 г. (рис. 1).

В [4, 5] высказано предположение, что столь большое увеличение  $N$  вызвано выпадением частиц из магнитосферы, т. е. является результатом проявления взаимодействия системы ионосфера – магнитосфера в средних широтах. Для обеспечения наблюдаемого на высотах 81–93 км роста  $N$  во время ЗС и после него согласно расчетам [7] требуются потоки электронов с плотностью  $\sim 10^7\text{--}10^8\text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$ . Такие значения  $p$  не представляются большими. В табл. 1 приведены параметры потоков электронов, полученные по методике [8] из экспериментальных данных об  $N(z,t)$  во время рассматриваемых ЗС. Они согласуются с теоретическими оценками и результатами экспериментальных исследований потоков во время возмущений как антропогенного, так и естественного характера (см., например, [9]). Энергетические характеристики потоков электронов также являются сравнительно небольшими: мощность  $P=2\text{--}9$  МВт, энергия  $E=30\text{--}150$  ГДж.

### III. Заключение

Экспериментально обнаружен рост концентрации электронов на высотах 81–96 км через десятки мин после начала затмения и продолжавшийся не менее 3–4 ч. Такое поведение  $N$  обусловлено, по-видимому, выпадением электронов из магнитосферы в атмосферу во время солнечного затмения и после него. На основе этой гипотезы по экспериментальным данным оценены энергетические параметры выпадающих электронов с энергиями 40–80 кэВ: потоки электронов составили порядка  $10^7\text{--}10^8\text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$ .

### IV. Список литературы

- [1] Special Eclipse Issue (The eclipse of 7 March 1970). – J. Atmos. Terr. Phys., 1972, **34**, p. 559.
- [2] Борисов Б. Б., Егоров Д. А., Егоров Н. Е. и др. Комплексное экспериментальное исследование реакции ионосферы на солнечное затмение 9 марта 1997 г. Геомагнетизм и аэронавигация, 2000, **40**, с. 94.
- [3] Бойтман О. Н., Калихман А. Д., Таццилин А. В. Среднеширотная ионосфера в период полного солнечного затмения 9 марта 1997 г. Геомагнетизм и аэронавигация, 1999, **39**, с. 52.
- [4] Гокос А. М., Черногор Л. Ф. Результаты наблюдения процессов в нижней ионосфере, сопутствующих затмению Солнца 11 августа 1999 г. Радиофизика и радиоастрономия, 2000, **5**, с. 348.
- [5] Черногор Л. Ф. Высыпание электронов из магнитосферы стимулированное затмением Солнца. Радиофизика и радиоастрономия, 2000, **5**, с. 371.
- [6] Гармаш К. П., Черногор Л. Ф. Профили электронной концентрации D-области ионосферы в спокойных и возмущенных условиях по данным частичных отражений. Геомагнетизм и аэронавигация, 1996, **36**, с. 75.
- [7] Chernogor L.F., Garmash K.P., Rozumenko V.T. Flux Pa-

rameters of Energetic Particles Affecting the Middle Latitude Lower Ionosphere. Радиофизика и радиоастрономия. 1998, **3**, с. 191.

- [8] Черногор Л. Ф. Возмущение неоднородной структуры в нижней ионосфере под действием мощного радиоизлучения. Известия вузов. Радиофизика. 1985, **28**, с. 17.
- [9] Гокос А. М., Черногор Л. Ф. Вариации электронной концентрации в среднеширотной D-области ионосферы во время магнитных бурь. Космічна наука і технологія. 2005, **11**, с. 12.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE ELECTRON DENSITY VARIATIONS IN THE MIDDLE LATITUDE IONOSPHERIC D-REGION DURING THE SOLAR ECLIPSE

Gokov A. M., Gritchin A. I., Tyrnov O. F.  
V. Karazin Kharkiv National University  
Svoboda Sq. 4, Kharkiv, 61077, Ukraine  
Ph.: 8057-7051251,

e-mail: Alexander.M.Gokov@univer.kharkov.ua

**Abstract** – The middle latitude ionospheric D-region parameters variations during of Solar eclipses of August, 11, 1999 and March, 29, 2006 were experimentally investigated by partial reflection technique. The increase of the electron concentration in the D-region in the average about 200–350% was found through 50, 100 and 240 min after the Solar eclipse (durations of processes about 200 min), conditioned by precipitating of high-energetic electrons from the magnetosphere.

### I. Introduction

The Solar eclipse in a certain region occurs comparatively rarely, therefore the experimental investigations give to the researchers unique possibility to investigate the dynamics of circumterrestrial space. Dynamic processes at the concrete eclipse depend on the geophysical conditions, from the degree of perturbativeness of the Sun and circumterrestrial space. In the paper the results of experimental investigations by the partial reflection technique the middle latitude ionospheric D-region parameters variations in the period of suns eclipses of August, 11, 1999 and March, 29, 2006 are given.

### II. Main Part

Sounding of the lower ionosphere was conducted by the partial radar reflection with parameters: impulsive power of transmitter  $P=150$  kW, frequency  $f=1,5\text{--}4,5$  MHz, pulsewidth 25 mksec, repetition frequency  $F=10$  of Hertz, amplification factor  $G=40\text{--}150$ . SE on August, 11, 1999 and March, 29, 2006 were partial. The maximal value of function of coverage of  $A(t)$  of Sun in the district of supervisions (near-by Kharkov) made near 83% in the first case and about 77% in the second. The experimentally set the following features in the  $N(z,t)$  variations: 1. Absence of the midday maximum of  $N(z,t)$  (heights 81–93 km); 2. The  $N$ -increase in 2–3 times through 100–40 min after the beginning of SE at the heights 81–87 km (on August, 11, 1999). This process proceeded 3–4 h.; 3. The  $N$ -increase in 2–3 times through 90 min after the beginning of SE at the 90–93 km (on March, 29, 2006); This process proceeded approximately 3 h (fig. 1); 4. Quasiperiodical (with a period about 60 min) increase in 2–3 times of  $N$  at the heights of 81–84 km by duration about 4 h approximately through 4 h after ending of the SE on March, 29, 2006 (fig. 1).

### III. Conclusion

Increase of the electron concentration at the heights of 81–96 km through ten of min after the beginning of eclipse and proceeding no less than 3–4 h was experimentally found. Such increase of  $N$  is conditioned by pouring out of electrons from the magnetosphere in an atmosphere during the sun eclipse and after him. On the basis of this hypothesis from the experimental data the power parameters of precipitating electrons are appraised with energies 40–80 кэВ: the streams of electrons was about  $10^7\text{--}10^8\text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$ .