



Посвящается 150-летию А. С. Попова

КрыМиКо 2009 CriMiCo

19-я Международная Крымская конференция
СВЧ-техника
и телекоммуникационные технологии
Материалы конференции

14—18 сентября 2009 г.
Севастополь, Крым, Украина



Moscow • Kiev • Minsk • Sevastopol
2009

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431
С255

Организаторы и спонсоры:

Севастопольский национальный технический университет
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск)
НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ» (Киев)
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ» (Киев)
Академия инженерных наук Украины, Отделение радиоэлектроники и средств связи
Компания «Нанозлектроника ТД» (Москва)
ОАО «Сатурн» (Киев)
НПФ «Микран» (Томск)
НП ОАО «Фаза» (Ростов-на-Дону)
ООО «Бета ТВ ком» (Донецк)
НПО «Интеграл», НТЦ «Белмикросистемы» (Минск)
ФГУП НП «Исток» (Фрязино)
ЗАО «Микроволновые системы» (Москва)
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Московский авиационный институт (технический университет)
Московский государственный технический университет гражданской авиации
National Instruments (Москва)
Таврический национальный университет им. проф. В. И. Вернадского (Симферополь)
НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» (Кацивели)
Крымский научно-технологический центр им. проф. А. С. Попова (Севастополь)

Техническая и информационная поддержка:

IEEE Microwave Theory & Techniques Society
IEEE Electron Devices Society
IEEE MTT/ED Central Chapter, Ukraine Section
IEEE AP/C/EMC/SP Joint Kharkov Chapter, Ukraine Section
IEEE AP Chapter, Russia Section
Журнал «Техника и приборы СВЧ» (Киев)
Журнал «Технология и конструирование в электронной аппаратуре» (Одесса)

19-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные
С255 технологии» (КрыМиКо'2009). Севастополь, 14-18 сентября 2009 г. : материалы конф. —
Севастополь : Вебер, 2009. — 929 с. : ил.

ISBN 978-966-335-248-0.

В сборник материалов включены 406 прошедших рецензирование докладов, которые будут представлены на секциях: Усилители СВЧ, Генераторные и приемные устройства, Моделирование и автоматизированное проектирование твердотельных приборов и устройств, Физические основы электроники СВЧ, Приборы СВЧ O-типа и ГДИ, Приборы M-типа и гирезонансные приборы, Сети беспроводного доступа, Системы радиосвязи, Спутниковая связь и цифровое телевидение, Информационные технологии в телекоммуникациях, Антенные решетки и их элементы, Анализ антенн и СВЧ-элементов, Пассивные устройства СВЧ, Микрорезонаторные устройства, СВЧ-устройства на новых физических принципах, Технология полупроводниковых материалов, Микроволновая микроскопия, Исследование свойств материалов, Нанотехнология и наноматериалы, Нанозлектроника и применения квантовых приборов, Физические явления в СВЧ-электронике сверхбольших мощностей, Хаотические колебания и генераторы хаоса, Электромагнитная и радиационная стойкость материалов и электронной компонентной базы, Измерение параметров сигналов и цепей, Измерение параметров материалов и веществ, Приложения радиоизмерений, Радиолокационные системы и их применения, Управление технологическими процессами и неразрушающий контроль, СВЧ-техника в медицине и экологии, Радиоастрономия и исследование земной атмосферы, Дистанционное зондирование и теория радиолокационных систем, История исследований в области радиотехнологий (Федотовские чтения). Авторами докладов являются 916 ученых и специалистов из 162 университетов и предприятий 18 стран: Беларуси, Великобритании, Вьетнама, Германии, Казахстана, Канады, Ливана, Литвы, Молдовы, Польши, России, США, Украины, Франции, Чехии и ЮАР.

Материалы конференции изданы также в двух томах на бумаге и на компакт-диске с оболочкой на английском языке.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий. Сборник также будет полезен студентам и аспирантам телекоммуникационных, радиотехнических и радиофизических факультетов вузов.

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431

IEEE Catalog Number CFP09788-PRT
ISBN 978-966-335-249-7 (CD, обол. — англ.)
ISBN 978-966-335-244-2 (комплект, 2 тома)
ISBN 978-966-335-247-3 (том 2)
ISBN 978-966-335-246-8 (том 1)
ISBN 978-966-335-248-0

© Оргкомитет КрыМиКо'2009
© КНТЦ им. Попова, 2009

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЧНО ОТРАЖЕННЫХ КВ-СИГНАЛОВ, РАДИОШУМОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СРЕДНЕШИРОТНОЙ D-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ В ПЕРИОД ПЯТИ ЧАСТНЫХ ЗАТМЕНИЙ СОЛНЦА

Гоков А. М., Тырнов О. Ф.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина
пл. Свободы 4, г. Харьков, 61077, Украина
тел.: 8057-7051251, e-mail: Alexander.M.Gokov@univer.kharkov.ua

Аннотация — Экспериментально обнаружены и объяснены сопутствующие затмениям Солнца вариации частично отраженных КВ сигналов, радишумов и концентрации электронов N в среднеширотной D-области ионосферы вблизи г. Харькова в период 5 частных затмений Солнца. Установлено, что характерные процессы продолжались в течение (2...3) часов и вызваны, в основном, охлаждением атмосферного газа, уменьшением скорости ионизации и уменьшением N на (40...50) %, а также генерацией и распространением квазипериодических процессов с переменным периодом и амплитудой. Обнаружено увеличение N в D-области в среднем на (150...250) % через 50, 100 и 240 мин после солнечного затмения (длительностью ~200 мин). Рассмотрен механизм, объясняющий наблюдаемое увеличение N , стимулированное солнечным затмением. Показано, что он может быть обусловлен высыпанием магнитосферных электронов с плотностью потока ($10^7...10^8$) $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$.

I. Введение

Затмения Солнца (ЗС) бывают сравнительно редко и поэтому наблюдение ЗС позволяет получить важные знания о динамике околоземной среды и уточнить сопутствующие физические процессы. Характеристики динамических процессов и их особенности при конкретном затмении зависят от геофизической обстановки, характера и степени возмущенности Солнца и околоземной среды. Наступление ЗС сопровождается рядом физических процессов в атмосфере. Их энергетика велика [1]: энергия, мощность и их удельные значения атмосферных процессов, вызванных ЗС, имеют внушительную величину, сравнимую с параметрами, характерными для мощных шквалов и ураганов. Эффектам, сопутствующим ЗС, посвящено сравнительно много публикаций, подавляющая часть их относится к исследованиям эффектов ЗС в верхней ионосфере (на высотах более 200 км). Отклик среднеширотной D-области на ЗС изучен мало из-за многообразия и сложности физико-химических процессов, протекающих в ней и трудностей проведения длительных непрерывных наблюдений. В частности, изучение реакции D-области исследовалось в исследованиях [1–4].

В настоящей работе в развитие [1–3] изложены результаты экспериментальных исследований вариаций частично отраженных КВ сигналов, радишумов на частотах (2,2...2,4) МГц и концентрации электронов $N(z)$ в среднеширотной D-области во время пяти ЗС и сравнение их с результатами, полученными до и после МБ в невозмущенных условиях.

II. Основная часть

Экспериментальные исследования выполнены с использованием метода частичных отражений (ЧО) вблизи г. Харькова (географические координаты: широта $49^\circ 38'N$, долгота $36^\circ 20' E$, магнитное склонение $66^\circ 36,8'$, магнитное склонение $6^\circ 19,6'$, возвышение над уровнем моря 156 м) на аппаратуре [5].

Измерения амплитуд ЧО сигналов и радишумов на частотах (2,2...2,4) МГц, на основе которых выполнен расчет высотно-временных вариаций $N(z,t)$, проведены в периоды 5 частных ЗС, имевших место в разное время суток 11 августа 1999 г., 31 мая 2003 г., 3 октября 2005 г., 29 марта 2006 г. и 01 августа 2008 г. Максимальное значение функции покрытия Солнца $A(t)$ было 0,77, а минимальное — 0,24. Изменения освещенности поверхности Земли в моменты максимального покрытия диска Солнца составляли (1,3...5,2) раза по сравнению с фоновыми днями.

Основные характерные особенности высотно-временных вариаций характеристик ЧО сигналов, шумов и $N(z,t)$ состоят в следующем:

1. Уменьшение или увеличение в разы интенсивности шума и ее дисперсии в период ЗС. Процесс начинался сразу после начала ЗС или через (10...15) минут после него и продолжался в течение десятков минут.

2. Увеличение в единицы – сотни раз средних интенсивностей ЧО-сигнала и их дисперсий на (81...93) км, начавшееся вскоре после начала ЗС и продолжавшееся в течение (10...100) минут после него.

3. Сравнительно быстрый рост в единицы – десятки раз отношения ЧО сигнал/шум в течение единиц минут через (10...15) минут после начала ЗС и последующий рост его в течение всего периода ЗС.

4. Квазипериодический рост значений отношения средних интенсивностей ЧО сигналов для магнитоионных компонент $R_{\alpha,x}$ (и их амплитуд) на высотах $z < 90$ км до окончания ЗС с периодом около (50...60) мин в течение ~ (150...160) мин с последующей релаксацией примерно к невозмущенным значениям.

5. Отсутствие околоразуденного максимума $N(z)$ в день с ЗС, наблюдавшегося с 12 до 15 ч в контрольные дни (высоты (81...93) км). Его отсутствие можно объяснить уменьшением N в результате ЗС.

6. Увеличение N в 2–3 раза через (70...80) мин после начала ЗС на высотах (90...93) км 29 марта 2006 г. Этот процесс продолжался примерно 3 ч. Показано, что столь большое увеличение N вызвано высыпанием частиц из магнитосферы, т. е. является результатом проявления повторного взаимодействия системы ионосфера – магнитосфера в средних широтах. Для обеспечения наблюдаемого на высотах (81...96) км роста N во время ЗС и после него требуются потоки электронов с плотностью ($10^7...10^8$) $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Такие значения не представляются большими.

7. 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., который начался примерно за 2 часа до времени прохождения солнечного терминатора, когда в ионосфере начинается перестройка термодинамического режима. ЗС, по-видимому, привело к нарушению такого режима, что, в свою очередь, привело к отмеченным явлениям.

На основе механизма о высыпании высокоэнергичных частиц выполнены оценки параметров потоков электронов. Полученные оценки хорошо согласуются как между собой, так с теоретическими оценками и известными результатами экспериментальных исследований потоков во время возмущений антропогенного и естественного характера. Энергетические характеристики потоков электронов также являются сравнительно небольшими: мощность $P = (2...9)$ МВт, энергия $E = (30...150)$ ГДж.

Сравнительный анализ эффектов ЗС показал следующее. Эффекты ЗС 11 августа 1999 г. можно рассматривать как эталонные. ЗС 3 октября 2005 г. имело место в околополуденное время. Эффекты во время этого ЗС в целом напоминали эффекты ЗС 11 августа 1999 г., но были выражены слабее. ЗС 01 августа 2008 г. также имело место в околополуденное время. Эффекты в этот день также в целом напоминали эффекты ЗС 11 августа 1999 г. и были выражены слабее. Важное отличие состоит в отсутствии характерного для ЗС 11.08.1999 роста концентрации электронов, которое, по-видимому, было вызвано высыпанием электронов, инициированным ЗС. Это объясняется сильно отличающимися значениями A_{max} (0.44 и 0.77). Затмения 29 марта 2006 г. и 11 августа 1999 г. по своим параметрам очень близки: значения A_{max} составили 0.77 и 0.73, времена наступления и окончания ЗС практически не отличались, в обоих случаях характерным оказалось наличие высыпаний электронов, стимулированных ЗС.

III. Заключение

Результаты экспериментальных исследований вариаций ЧО сигналов, радиошумов на частотах (2.2...2.4) МГц и концентрации электронов в среднеширотной D-области ионосферы во время пяти разных затмений Солнца и сравнение их с результатами, полученными в невозмущенных условиях, позволили установить новые особенности и подтвердить возможность и роль стимулированных затмением Солнца высыпаний высокоэнергичных электронов. Установленные экспериментально сведения о вызываемом ЗС возмущении плотности электронов в среднеширотной нижней ионосфере представляют интерес ввиду малочисленности подобных исследований.

Авторы благодарят Гритчина А. И. за помощь в проведении экспериментальных исследований.

IV. Список литературы

- [1] Гокон А. М., Черногор Л. Ф. Результаты наблюдений процессов в нижней ионосфере, сопутствующих затмению Солнца 11 августа 1999 г., Радиофизика и радиоастрономия. 2000, 5, №4, с.348.
- [2] Гокон А. М., Гритчин А. И., Тымов О. Ф. Экспериментальное исследование отклика среднеширотной D-области ионосферы на затмение Солнца 29 марта 2006г., Геомагнетизм и аэрономия. 2008, 48, № 2, с. 241.
- [3] Gokov A. M., Gritchin A. I., and Tymov O. F. Experimental Study of the Response of the Midlatitude Ionospheric D Region to the Solar Eclipse of March 29, 2006. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2008, 48, No. 2, p. 232.
- [4] Беликович В. В., Вякирев В. Д., Калинина Е. Е., Терещенко В. Д., Черняков С. М., Терещенко В. А. Отклик ионосферы на частное солнечное затмение 29 марта 2006 г. по наблюдениям в Н. Новгороде и Мурманске. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2008, 48, № 1, с. 103.
- [5] Tymov, O.F., K.P. Garmash, A.M Gokov, et al. The radio-physical observatory for remote sounding of the ionosphere. *Turkish J. of Physics*, 1994, 18, p. 1260.

THE FEATURES OF PARTIAL REFLECTION SIGNALS, RADIONOISES AND ELECTRON DENSITY VARIATIONS IN THE REGIONAL MIDDLE LATITUDE D-REGION DURING FIVE SOLAR ECLIPSES

Gokov A. M., Tymov O. F.
V. Karazin Kharkiv National University
4, Svoboda Sq., Kharkiv, 61077, Ukraine
e-mail: Alexander.M.Gokov@univer.kharkov.ua

Abstract — The changes of the partial reflection signals, radio-noises at (2.2...2.4) MHz and the electron density variations in the middle latitude D-region before, during and after five solar eclipses are investigated by the partial reflection technique. The quasi-periodic (with periods of $T \geq (30...60)$ minutes) more than (50...100) % increase of electron density during tens of minutes was found. The estimations of the ionization rate of change were made. On the basis of the experimental data over the electron precipitation periods, stimulated by solar eclipses, corresponding fluxes were estimated, being $p \sim (10^7 \dots 10^8) \text{ m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$.

I. Introduction

The results of experimental investigations near Kharkov by the partial reflection technique (PR) of the PR-signals, radio-noises at (2.2...2.4) MHz and the electron density variations, $N(z)$, in the regional middle latitude D-region before, during and after five solar eclipses are considered.

II. Main Part

Experimental investigations are made near Kharkov (geographical coordinates: 49°38'N, 36°20' E) by the PR technique. The measurements of the PR amplitudes and radio noises at (2.2...2.4) MHz are made during five Solar eclipses (SE) on the 11th of August, 2004; the 31st of May, 2003; the 3rd of October, 2005, the 29th of March, 2006 and the 1st of August, 2008. The height-temporal dependences of $N(z,t)$ are resulted from these data. The increase of N in the period of two SE's and after the SE's was registered. The quasi-periodic (with periods of $T \geq (30...60)$ minutes) more than (50...100) % increase of electron density during tens of minutes was found. This increase may be caused by ionization of ionospheric plasma in the middle latitude D-region by the energetic charged particles fluxes precipitating from the magnetosphere, stimulated by SE. The comparative analysis of effects of SE's showed the following. Effects of SE on the 11th of August, 1999 it is possible to consider as standard ones. SE on the 3rd of October, 2005 took place in midday time. Effects during this SE on the whole reminded effects of SE on the 11th of August, 1999, but were expressed weaker. SE on the 1st of August, 2008 also took place in midday time. Effects in this day also on the whole reminded effects SE on the 11th of August, 1999 and were expressed weaker. An important difference consists of absence of characteristic for SE on the 11th of August, 1999 increase of N , which, apparently, was caused by electron precipitation, initiated by SE. It is explained by the strongly different values of A_{max} (0.44 and 0.77). The eclipses on the 29th of March, 2006 and the 11th of August, 1999 on the parameters are very near: the values of A_{max} were 0.77 and 0.73; times of beginning and ending of SEs did not differ; the presence of electrons precipitation stimulated by SE, with estimated fluxes of $\sim (10^7 \dots 10^8) \text{ m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$, appeared in both cases was characteristic.

III. Conclusion

The obtained results of experimental investigations by the partial reflection technique of the PR-signals, radio noises at (2.2...2.4) MHz and electron density variations in the middle latitude ionospheric D-region five solar eclipses and the comparison with the similar results obtained before and after SE in the undisturbed periods, allowed setting new important features and confirming the possibility and the role of high-energetic electrons precipitation stimulated by SE. The data concerning the electron density strong perturbations in the middle latitude lower ionosphere caused by the SE may be of interest because of lack of such investigations.