

УДК 550.388, 551.510.536

ИОНОЗОНДОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЭФФЕКТОВ ЧАСТНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 4 ЯНВАРЯ 2011 г. В ХАРЬКОВЕ

В.В. Барабаш, Л.Ф. Черногор

OBSERVATION OF PARTIAL SOLAR ECLIPSE 4 JANUARY, 2011 IN KHARKIV WITH IONOSONDE

V.V. Barabash, L.F. Chernogor

Изложены результаты наблюдения эффектов в ионосфере, вызванных солнечным затмением 4 января 2011 г., методом вертикального зондирования. Выявлены изменения основных параметров ионосферы.

The results of observing of the effects in the ionosphere caused by solar eclipse January 4, 2011, by the method of vertical sounding are presented. Changes of the basic parameters of the ionosphere are detected.

Постановка задачи

Измерительный комплекс харьковского Института ионосферы создавался на рубеже 1960–1970-х гг. Основным измерительным инструментом является радар некогерентного рассеяния (НР). В 1967 г. в комплекс была включена автоматическая ионосферная станция (АИС), а в 1985 г. она была заменена на станцию «Базис» [Емельянов, Живолуп, 2011]. Принцип действия ионосферных станций основан на методе вертикального зондирования. «Базис», в отличие от АИС, позволяет проводить наклонное и трансionoсферное зондирование.

Радар НР дает возможность получить полную информацию в диапазоне высот 150–1000 км [Акимов, 2002, 2005; Бурмака и др., 2007а, б; Григоренко и др., 2008]. Основную же информацию о состоянии ионосферы ниже максимума ионизации получают при помощи ионозондов – станций вертикального зондирования [Емельянов и др., 2009].

Научный интерес при исследовании состояния и поведения ионосферы представляют ее отклики на природные и техногенные события. Примерами таких событий являются старты ракет, магнитные бури, солнечные затмения и др. [Брюнелли, Намгаладзе, 1988]).

Важными событиями, которые изменяют состояние ионосферы, являются солнечные затмения (СЗ). Изучение эффектов СЗ актуально, поскольку каждое происходит при определенных гелиофизических условиях, и отклики ионосферы на затмения могут существенно отличаться.

Целью статьи является изложение результатов наблюдения эффектов в ионосфере над Харьковом, вызванных СЗ 4 января 2011 г., методом вертикального зондирования (ВЗ).

Результаты наблюдений

Это затмение отличается от других затмений, наблюдаемых в Харькове, тем, что оно имело место на стадии роста солнечной активности, в утреннее время и продолжалось около трех часов (другие затмения длились около двух часов). Затмение было частным. Оно наблюдалось в Северной Африке, в Европе, на Ближнем Востоке и в Средней Азии. Затмение 4 января 2011 г. началось в 06:40:11, максимальная фаза наступила в 08:50:35 над Северной Швецией, закончилось в 11:00:52 (здесь и далее приводится UT).

На рис. 1 представлены характерные ионограммы, полученные перед началом, во время и после окончания СЗ 4 января 2011 г., а на рис. 2 – ионограммы, полученные в те же моменты времени в контрольный день 5 января 2011 г., когда отсутствовали значительные возмущения в ионосфере. На вертикальной оси, как обычно, обозначены действующие высоты отражения зондирующего сигнала, на горизонтальной – несущая частота радиосигнала.

Отметим, что 4 и 5 января 2011 г. на протяжении практически всех измерений регистрировался слой E_s , частично экранировавший исследуемую область ионосферы. Тем не менее, полученные ионограммы позволили с достаточной точностью выявить отклики средней ионосферы на СЗ.

До наступления СЗ ионосфера была спокойной. Об этом можно судить по рис. 1, а. Для Харькова основная часть СЗ припадает на околополуденные часы (по LT). Так, начало затмения было в 07:30, главная фаза наступила в 09:59, а окончание в 10:29.

На высотнo-частотных характеристиках, полученных до начала СЗ, наблюдался незначительный рост критической частоты f_0F2 и несущественные колебания значений высоты слоя F2, что характерно для утреннего времени.

В течение затмения четко видны изменения ионограмм. С 08:30 до 09:15 высотнo-частотным характеристикам были присущи диффузные отражения практически во всем диапазоне частот и высот.

В течение СЗ в диапазоне высот 100–150 км присутствовал мощный прерывистый отражающий слой, подобный слою E_s . Критическая частота этого слоя достигала 8.4 МГц. Наблюдался след, который можно назвать двукратным для слоя E_s . Его действующая высота изменялась от 210 до 240 км.

Отражение от слоя E наблюдалось нечетко. Минимальное значение критической частоты f_0E_{min} оказалось близким к 2.2 МГц.

В день СЗ и в контрольный день слой F1 не регистрировался.

На ионограммах, полученных в момент главной фазы СЗ, наблюдались наклонные отражения. Также отмечен рост действующей высоты, который в среднем составил около 70 км. Значение f_0F2 при этом уменьшилось приблизительно на 1.9 МГц.

Кроме основного следа, от области F ионосферы зафиксирован след на действующих высотах 275–440 км

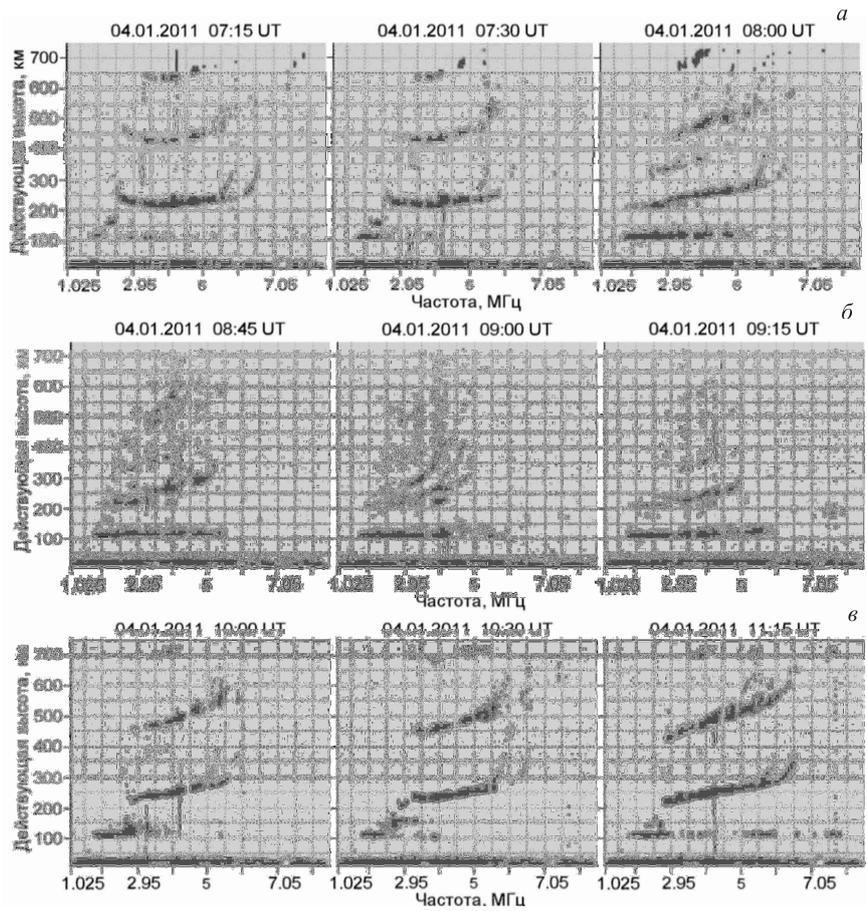


Рис. 1. Ионограммы до начала (а), во время (07:30–10:30) (б) и после окончания (в) солнечного затмения 4 января 2011 г.

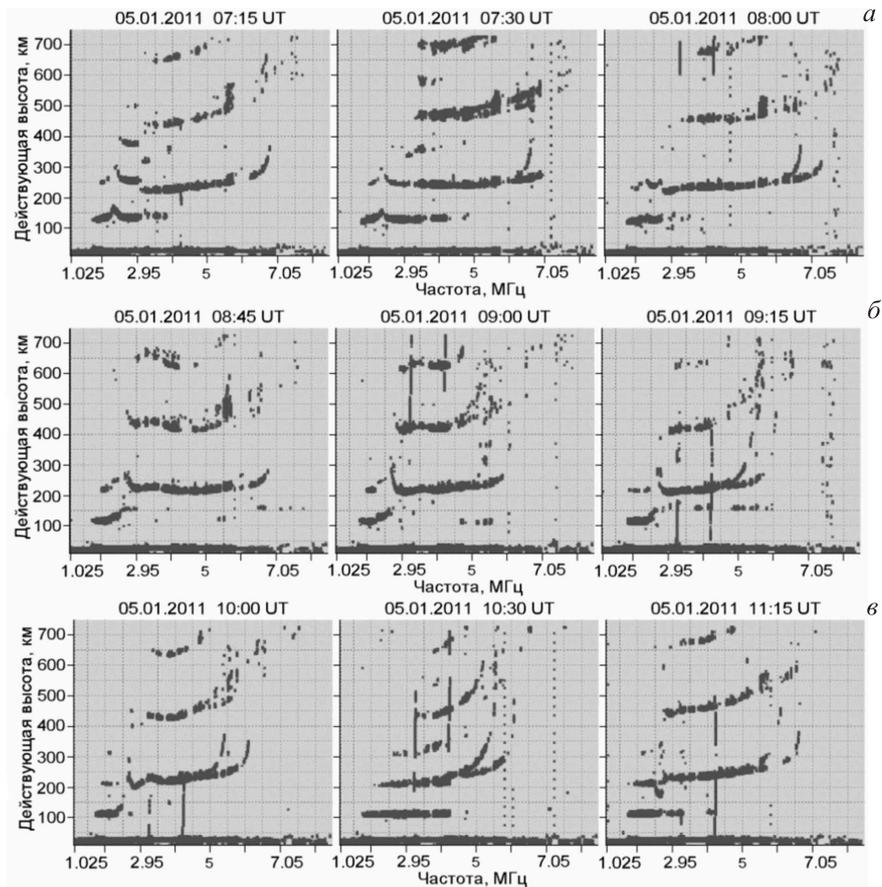


Рис. 2. Ионограммы, полученные в контрольный день 5 января 2011 г. в интервалах времени 07:15–08:00 (а), 9:30–12:30 (б) 10:00–11:15 (в).

с критической частотой, не превышающей 4 МГц. Такой след имел место в интервале времени с 07:35 до 10:00.

По мере открывания солнечного диска отмечалось увеличение критической частоты F2. В момент окончания СЗ (10:29) f_oF2 почти достигла значения, наблюдавшегося до начала затмения. Действующая высота после ее увеличения в период затмения уменьшилась и приблизилась к «невозмущенному» значению (в 11:00 отличие составляло не более 1–3 км).

Вид и параметры ионограммы, полученной в 11:15 (через 45 мин после окончания СЗ) вернулись к состоянию, предшествующему моменту начала затмения.

На рис. 2 представлены ионограммы, полученные в контрольный день 5 января 2011 г. Их можно условно разделить на две группы. Ионограммы в первой группе имели характерный для околополуденного времени вид. Во второй группе на ионограммах наблюдался след с действующей высотой 300–400 км. Отметим, что появление слоя не было таким регулярным, как в день СЗ. Достаточно уверенно он фиксировался лишь на отдельных ионограммах (07:15, 07:30, 09:30, 10:30, 10:45).

Слой E_s, как и 4 января 2011 г., был прерывистый, его критическая частота достигала 7.9 МГц. Высота слоя изменялась от 90 до 150 км. На некоторых ионограммах наблюдался двукратный и трехкратный следы для слоя E_s, для которых действующими были высоты 195–220 и 300–320 км соответственно.

В отличие от дня СЗ, отражения от слоя E наблюдались более четко. Значение его критической частоты не превышало 2.7 МГц.

Видно, что в течение всего периода измерений ионограммы незначительно отличались как между собой, так и от ионограмм, полученных 4 января до начала и после окончания СЗ. Их поведение является типичным для невозмущенной ионосферы в утреннее и околополуденное время.

Выводы

1. В течение частного затмения критические частоты слоев F2 и E вблизи главной фазы уменьшились на 1.9 МГц и 0.4 МГц, или на 31 % и 16 % соответственно.

2. Увеличение действующей высоты отражения в максимуме слоя F2 составило 70 км.

3. Качественный анализ высотно-частотных характеристик показал, что СЗ вызвало существенные изменения параметров ионограмм, а значит и средней ионосферы. Приведенные результаты исследования хорошо согласуются с результатами наших более ранних наблюдений [Акимов и др., 2002; Акимов и др., 2005; Бурмака и др., 2007а, б; Григоренко и др., 2008; Емельянов и др. 2009].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимов Л.А., Боговский В.К., Григоренко Е.И. и др. Атмосферно-ионосферные эффекты солнечного затмения 31 мая 2003 года в Харькове // Геомагнетизм и аэрономия. 2005. Т. 45, № 4. С. 526–551.

Акимов Л.А., Григоренко Е.И., Таран В.И. и др. Комплексные радиофизические и оптические исследования динамических процессов в атмосфере и геокосмосе, вызванных солнечным затмением 11 августа 1999 года // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2002. № 2. С. 25–63.

Брюнелли Б.Е., Намгалдзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988. 527 с.

Бурмака В.П., Григоренко Е.И., Емельянов Л.Я. и др. Радарные наблюдения эффектов в геокосмосе, вызванных частным солнечным затмением 29 марта 2006 г. // Успехи современной радиоэлектроники. 2007а. № 3. С. 38–53.

Бурмака В.П., Лысенко В.Н., Ляшенко М.В., Черногор Л.Ф. Атмосферно-ионосферные эффекты частного солнечного затмения 3 октября 2005 г. в Харькове. 1. Результаты наблюдений // Космічна наука і технологія. 2007б. Т. 13, № 6. С. 74–86.

Григоренко Е.И., Ляшенко М.В., Черногор Л.Ф. Эффекты в ионосфере и атмосфере, вызванные солнечным затмением 29 марта 2006 г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2008. Т. 48, № 3. С. 350–364.

Емельянов Л.Я., Скляр И.Б., Черногор Л.Ф. Отклик ионосферы на солнечное затмение 1 августа 2008 г.: результаты вертикального зондирования // Космічна наука і технологія. 2009. Т. 15, № 4. С. 12–21.

Емельянов Л.Я., Живолуп Т.Г. Институт ионосферы НАН и МОН Украины. Краткий исторический обзор // Дистанционное радиозондирование ионосферы. Сборник тезисов. 2011. С. 10.

Институт ионосферы, Харьков