

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЁЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**Институт ионосферы**

**Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»**



**Конференция молодых учёных**

**ДИСТАНЦИОННОЕ  
РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ  
ИОНОСФЕРЫ**

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ**

**18 – 20 апреля 2012 г.  
г. Харьков, Украина**

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2012)

18 – 20 апреля 2012 г.

г. Харьков, Украина

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

*Домнин И.Ф.*, председатель, д.т.н., проф., Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Пуляев В.А.*, зам. председателя, д.т.н., проф., Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Анисимов И.А.*, д.ф.-м.н., проф., КНУ имени Тараса Шевченко  
*Дзюбанов Д.А.*, к.ф.-м.н., доц., Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Дмитриенко В.Д.*, д.ф.-м.н., проф., НТУ «ХПИ»  
*Ивченко В.Н.*, д.ф.-м.н., проф., КНУ имени Тараса Шевченко  
*Качанов П.А.*, д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»  
*Кивва Ф.В.*, д.ф.-м.н., проф., ИРЭ имени А.Я. Усикова НАН Украины  
*Лазоренко О.В.*, д.ф.-м.н., ХНУРЭ  
*Лисачук Г.В.*, д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»  
*Марченко А.П.*, д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»  
*Михайлов А.В.*, д.ф.-м.н., проф., ИЗМИРАН  
*Николаенко А.П.*, д.ф.-м.н., проф., ИРЭ имени А.Я. Усикова НАН Украины  
*Потехин А. П.*, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф., ИСЗФ СО РАН  
*Разказовский В.Б.*, д.т.н., проф., ИРЭ имени А.Я. Усикова НАН Украины  
*Рогожский Е.В.*, д.ф.-м.н., проф., НТУ «ХПИ»  
*Сокол Е.И.*, д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»  
*Таран В.И.*, д.ф.-м.н., проф., Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Черемных О.К.*, д.ф.-м.н., проф., Институт космических исследований НАН и НКА Украины  
*Черногор Л.Ф.*, д.ф.-м.н., проф., ХНУ имени В. Н. Каразина  
*Шульга С.Н.*, д.ф.-м.н., проф., ХНУ имени В. Н. Каразина  
*Ямпольский Ю.М.*, чл.-корр. НАН Украины, д.ф.-м.н., проф., РИ НАН Украины

Учёный секретарь конференции: *Ляшенко М.В.*, к.ф.-м.н.,  
Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

*Богомаз А.В.* – научный сотрудник, Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Бурмака В.П.* – научный сотрудник, Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Барабаш В.В.* – младший научный сотрудник,  
Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Рымарь С.И.* – ассистент, НТУ «ХПИ»  
*Харитонова С.В.* – инженер-электроник, Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Программа конференции</b> .....	4
<b>Секционные заседания</b> .....	5
<i>Скворцов Т. А., Белозёров Д. П.</i> Возможности селекции мешающих отражений в радарх некогерентного рассеяния по результатам измерений температур электронов и ионов .....	6
<i>Богомаз А. В.</i> Этапы обработки данных радара некогерентного рассеяния .	7
<i>Бурмака В. П.</i> Волновые возмущения в ионосфере во время старта космического аппарата «Спейс шаттл» 16 мая 2011 г. ....	8
<i>Емельянов Л. Я., Кононенко А. А.</i> Сезонные наблюдения ионосферы с помощью автоматической ионосферной станции «Базис» .....	9
<i>Котов Д. В., Черногор Л. Ф.</i> Пространственно-временные вариации относительного содержания ионов водорода во время геокосмической бури 5–6 августа 2011 г. ....	10
<i>Ляшенко М. В., Харитонова С. В.</i> Физические процессы в ионосфере во время магнитной бури 5–6 августа 2011 г. ....	11
<i>Дзюбанов Д. А., Емельянов Л. Я., Мирошников А. Е.</i> Движение нейтральной компоненты ионосферной плазмы при солнечном затмении 4 января 2011 г. ....	12
<i>Панасенко С. В.</i> Возмущения в Е-области ионосферы в период работы нагревного стенда «Сура» .....	13
<i>Підручна Н. А., Пуляєв В. О.</i> Порівняння спектру зондувального імпульсу зі спектром сигналу некогерентного розсіяння .....	14
<i>Богомаз А. В., Сюсюк М. Н.</i> Идентификация когерентных отражений градиентным методом .....	15
<i>Скворцов Т. А., Фисун А. В.</i> Применение сложного радиосигнала для измерения электронной концентрации в ионосфере .....	16
<i>Емельянов Л. Я., Ляшенко М. В., Харитонова С. В., Черногор Л. Ф.</i> Ионосферные эффекты бури 5–6 августа 2011 г. ....	17
<i>Чаган А. Е., Лялюк А. И., Искра Д. А.</i> Система автоматической настройки на круговую поляризацию комплекса некогерентного рассеяния .....	18

## ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

18 апреля 2012 г., среда

19 апреля 2012 г., четверг

20 апреля 2012 г., пятница

9<sup>00</sup>–9<sup>15</sup>

### **Открытие**

### **Секционные заседания**

9<sup>15</sup>–9<sup>30</sup>

Дзюбанов Д. А., Емельянов Л. Я., Мирошников А. Е. Движение нейтральной компоненты ионосферной плазмы при солнечном затмении 4 января 2011 г.

9<sup>30</sup>–9<sup>45</sup>

Панасенко С. В. Возмущения в Е-области ионосферы в период работы нагревного стенда «Сура»

9<sup>45</sup>–10<sup>00</sup>

Ляшенко М. В., Харитонова С. В. Физические процессы в ионосфере во время магнитной бури 5–6 августа 2011 г.

10<sup>00</sup>–10<sup>15</sup>

Емельянов Л. Я., Ляшенко М. В., Харитонова С. В., Черногор Л. Ф. Ионосферные эффекты бури 5–6 августа 2011 г.

10<sup>15</sup>–10<sup>30</sup>

Котов Д. В., Черногор Л. Ф. Пространственно-временные вариации относительного содержания ионов водорода во время геокосмической бури 5–6 августа 2011 г

10<sup>30</sup>–11<sup>00</sup>

Бурмака В. П. Волновые возмущения в ионосфере во время старта космического аппарата «Спейс шаттл» 16 мая 2011 г.

11<sup>00</sup>–11<sup>15</sup>

### **Перерыв**

11<sup>15</sup>–11<sup>30</sup>

Богомаз А. В. Этапы обработки данных радара некогерентного рассеяния

11<sup>30</sup>–11<sup>45</sup>

Богомаз А. В., Сюсюк М. Н. Идентификация когерентных отражений градиентным методом

11<sup>45</sup>–12<sup>00</sup>

Чаган А. Е., Лялюк А. И., Искра Д. А. Система автоматической настройки на круговую поляризацию комплекса некогерентного рассеяния

12<sup>00</sup>–12<sup>15</sup>

Скворцов Т. А., Фисун А. В. Применение сложного радиосигнала для измерения электронной концентрации в ионосфере

12<sup>15</sup>–12<sup>30</sup>

Підручна Н. А., Пуляєв В. О. Порівняння спектру зондувального імпульсу зі спектром сигналу некогерентного розсіяння

12<sup>30</sup>–12<sup>45</sup>

Емельянов Л. Я., Кононенко А. А. Сезонные наблюдения ионосферы с помощью автоматической ионосферной станции «Базис»

12<sup>45</sup>–13<sup>00</sup>

Скворцов Т. А., Белозёров Д. П. Возможности селекции мешающих отражений в радарх некогерентного рассеяния по результатам измерений температур электронов и ионов

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2012)

*18 – 20 апреля 2012 г.*

*г. Харьков, Украина*

---

---

## СЕКЦИОННЫЕ ЗАСЕДАНИЯ

---

---

## ВОЗМОЖНОСТИ СЕЛЕКЦИИ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ В РАДАРАХ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР ЭЛЕКТРОНОВ И ИОНОВ

Т. А. Скворцов, Д. П. Белозёров

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*iiion@kpi.kharkov.ua*

В радарх некогерентного рассеяния (НР), наряду с рассеянными ионосферой сигналами, достаточно часто наблюдаются помехи, порожденные отражениями от спутников Земли и космического мусора. Это приводит к появлению дополнительных ошибок при измерении всех характеристик ионосферы.

Одним из видов применяемых ныне видов селекции является селекция по оценке отношения температур электронов и ионов  $\beta = T_e/T_i$ . При этом исключаются из дальнейшей обработки реализации, которые приводят к физически необоснованной оценке  $\hat{\beta} < 1$ .

Путем моделирования обработки данных радара была проведена оценка влияния отражений на погрешности измерений температур и величины  $\beta$  для однокомпонентной модели спектра сигнала НР без учета случайных ошибок. В докладе рассмотрены примеры результатов моделирования и показана зависимость полученных оценок температур и величины  $\hat{\beta}_0$  от отношения мощностей помехи и сигнала НР. Величина  $\hat{\beta}_0$  представляет собой оценку величины  $\beta$  в предположении, что случайные ошибки измерения отсутствуют.

Показано, что алгоритм селекции по критерию  $\hat{\beta} < 1$  исключает из дальнейшей обработки выборки, содержащие отраженный сигнал при отношении помеха/сигнал, превышающие 2–3%.

Рассмотрено влияние случайных ошибок, а также порога обнаружения  $l \geq 1$ , на качество обнаружения помех, а именно, ошибки первого и второго типа (ложное обнаружение и пропуск помехи). Предложены формулы для расчета вероятностей ложного обнаружения  $w_1$  и пропуска помехи  $w_2$ :

$$w_1 = 0.5 \mp 0.5\Phi\left(\frac{|l - \beta|}{\sigma_\varepsilon}\right), \quad w_2 = 0.5 \pm 0.5\Phi\left(\frac{|l - \hat{\beta}_0|}{\sigma_\varepsilon}\right),$$

где  $\sigma_\varepsilon \approx \beta \sqrt{\frac{\sigma_e^2}{T_e^2} + \frac{\sigma_i^2}{T_i^2} - 2 \frac{T_{ei}}{T_e T_i}}$ ,  $\sigma_e^2, \sigma_i^2, K_{ei}$  – дисперсии ошибок оценки температур и их ковариация,  $\hat{\beta}$  – оценка величины  $\beta$  при отсутствии случайных ошибок измерения,  $\Phi(x)$  – интеграл Лапласа.

## ЭТАПЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

А. В. Богомаз

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*albom85@yandex.ru*

Задача вторичной обработки полученных с помощью радара некогерентного рассеяния (НР) данных – оценка параметров ионосферной плазмы: температур ионов и электронов, ионного состава, концентрации электронов, скорости движения плазмы.

Вторичную обработку можно разбить на логически завершённые этапы, выполняющиеся друг за другом:

- фильтрация данных от помех [1];
- заполнение отфильтрованных участков данных;
- расчёт корреляционных функций (КФ) шума и получение КФ НР сигнала;
- учёт аппаратных характеристик радара;
- временное усреднение КФ НР сигнала [2];
- коррекция высотного профиля мощности НР сигнала [3, 4];
- высотное усреднение КФ НР сигнала [2];
- определение параметров ионосферной плазмы (решение обратной радиофизической задачи, расчёт скорости движения плазмы, определение абсолютных значений концентрации электронов).

**Литература:** 1. *Богомаз А.В.* Оптимизация параметров фильтрации когерентных помех при анализе данных некогерентного рассеяния // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ-2011»: Матеріали 7-ої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, Севастополь 11–15 квітня 2011 р. / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Севастопольський національний технічний університет – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 315. 2. *Богомаз А.В.* Особенности процедуры накопления ионосферных данных, полученных с помощью многоканального коррелятора. – Програма ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Секція 17. Навколоземний простір. Радіофізика та іоносфера. – 2011. – С. 184. 3. *Богомаз А.В., Котов Д.В., Ярков Е.И.* Восстановление профиля мощности сигнала некогерентного рассеяния // Конференция молодых учёных «Дистанционное радиозондирование ионосферы (ИОН-2011)» (Харьков, Украина, 12 – 15 апреля 2011 г.). – Сборник тезисов. – 2011. – С. 34. 4. *Богомаз А.В., Котов Д.В.* Проверка алгоритма коррекции профиля мощности некогерентно рассеянного сигнала // Вестник НТУ «ХПИ». Радиофизика и ионосфера. – Харьков. – 2011. – № 44 – С. 126–129.

## ВОЛНОВЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ИОНОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ СТАРТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «СПЕЙС ШАТТЛ» 16 МАЯ 2011 г.

В. П. Бурмака

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*viktor\_burmaka@ukr.net*

Проанализированы результаты измерений на харьковском радаре некогерентного рассеяния 16, 17 мая 2011 г. Старт космического аппарата произошел 16 мая 2011 г. в 12:56 UT с космодрома Мыс Канаверал. Ракета космического аппарата является наиболее мощной из всех стартующих на сегодняшний день, ее масса составляет 2029.633 т. Геомагнитную обстановку в этот период можно считать спокойной (индексы  $D_{st}$  за время измерений находились в диапазоне значений  $-10 - 1$  по данным World Data Center for Geomagnetism г. Киото, Япония [1]). Измерения были проведены 16 и 17 мая 2011 г. с 10:00 UT до 17:00 UT.

Для поиска волновых возмущений использовалась высокочувствительная методика, позволяющая выявлять волновые возмущения с относительными амплитудами не менее 1% [2–4].

Анализу подвергались высотно-временные зависимости абсолютных  $\Delta N$  и относительных  $\Delta N/N$  вариаций электронной концентрации. Погрешность определения последней в диапазоне высот 125–510 км в фоновый день 17 мая составляла 15–23%, в день старта 16 мая – 12–27%.

После старта ракеты наблюдалось два возмущения. Первое в диапазоне высот 250–500 км, с запаздыванием 16–40 мин, второе во всем диапазоне высот с запаздыванием 94–102 мин. Первому соответствуют скорости распространения 10–4 км/с. Второму – 1,7–1,6 км/с. В фоновый день подобных возмущений не наблюдалось, что позволяет предположить, что наблюдаемые возмущения могут быть связаны со стартом космического аппарата.

**Литература:** 1. World Data Center for Geomagnetism, Kyoto. – <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp> 2. Бурмака В.П., Таран В.И., Черногор Л.Ф. Результаты исследования волновых возмущений в ионосфере методом некогерентного рассеяния // Успехи современной радиоэлектроники, 2005, № 3, с. 4 – 35. 3. V. P. Burmaka, V. I. Taran, and L. F. Chernogor Wave-Like Processes in the Ionosphere under Quiet and Disturbed Conditions. 1. Kharkov Incoherent Scatter Radar Observations // Geomagnetism and Aeronomy, 2006, Vol. 46, No. 2, pp. 183–198. 4. V. P. Burmaka, V. I. Taran, and L. F. Chernogor Wave-Like Processes in the Ionosphere under Quiet and Disturbed Conditions. 2. Analysis of Observations and Simulation // Geomagnetism and Aeronomy, 2006, Vol. 46, No. 2, pp. 199–208.



## СЕЗОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИОНОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИОНОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ «БАЗИС»

Л. Я. Емельянов, А. А. Кононенко

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*iiion@kpi.kharkov.ua*

Автоматическая ионосферная станция (ионозонд) «Базис» Института ионосферы находится вблизи г. Харькова (49.6° с.ш., 36.3° в.д.) и позволяет проводить вертикальное, наклонное и трансionoсферное импульсное зондирование ионосферы. Она применяется в составе радара некогерентного рассеяния для его калибровки при определении высотного профиля электронной концентрации, а также автономно для определения основных параметров ионосферы (в частности, электронной концентрации, высоты максимума ионизации). Использование станции для мониторинга ионосферы в составе сети ионозондов имеет большое практическое и научное значение.

В данной работе приводятся результаты сравнения ионограмм харьковской станции с ионограммами дигизонда в Прухонице (Чехия, 50.0° с.ш., 14.6° в.д.), расположенного на близкой широте с харьковской станцией.

При сравнении данных харьковской станции с данными дигизонда в Прухонице выяснено, что при спокойном состоянии ионосферы ионограммы находятся в хорошем согласии при учёте разницы местного времени, которая составляет приблизительно 1 час. Вариации критической частоты также качественно подобны.

В период весеннего равноденствия на станции в Прухонице значения критических частот  $f_oF2$  ночью меньше (примерно на 0,3–0,5 МГц), а в дневное время больше (на 0,1–0,6 МГц), чем на харьковской станции. В период осеннего равноденствия днём и ночью значения критических частот слоя F2 ( $f_oF2$ ) были близки. Однако увеличение критической частоты в утренние часы и её уменьшение в вечерние часы происходило с опережением в Прухонице приблизительно на 1 час 15 минут. Зимой значения  $f_oF2$  в ночное время (с 20:00 до 05:30) в Прухонице больше, чем в Харькове приблизительно на 0,8 МГц. Имелись также заметные отличия  $f_oF2$  в интервале с 08:30 по 12:00 (максимальное отличие составило 2,7 МГц в 09:30). Полученные результаты свидетельствуют о долготных эффектах в ионосфере.

Таким образом, станция «Базис» позволяет эффективно вести мониторинг за динамикой ионосферных процессов и высотно-частотные характеристики ионозондов Харькова и Прухонице находятся в хорошем согласии при учёте разницы местного времени.

**Литература:** 1. Pruhonice / Digisonde-4D / Czech Republic. – <http://147.231.47.3>.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ  
ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ ВОДОРОДА  
ВО ВРЕМЯ ГЕОКОСМИЧЕСКОЙ БУРИ 5–6 АВГУСТА 2011 г.**

Д. В. Котов, Л. Ф. Черногор

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

[iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

Очень сильная геокосмическая буря началась внезапно 5 августа 2011 г. около 21:23 LT. Главная фаза бури имела место с 22:20 LT 5 августа до 06:20 LT 6 августа 2011 г. В день начала бури максимальное отклонение геомагнитного индекса  $D_{st}$  составило  $-113$  нТл. Значение планетарного индекса  $K_p$  достигло 8. Над Харьковом магнитная буря сопровождалась ионосферной бурей с отрицательной фазой.

Пространственно-временные вариации относительного содержания ионов водорода  $N(H^+)/N$  наблюдались с помощью радара некогерентного рассеяния Института ионосферы в контрольный день 5 августа 2011 года, во время бури и на фазе восстановления.

Установлено, что во время, предшествовавшее началу бури, суточные вариации параметра  $N(H^+)/N$  имели характерный для спокойных условий вид. Однако начавшийся вечерний рост содержания ионов водорода был остановлен началом бури (около 22:30 LT), а затем начался спад содержания ионов водорода.

В результате бури значение  $N(H^+)/N$  в 06:00 LT 6 августа уменьшилось примерно на порядок по сравнению с соответствующей величиной для контрольного дня, а максимальное ночное значение  $N(H^+)/N$  на рассматриваемых высотах было примерно в три раза меньше соответствующего значения для 5 августа. Уменьшение относительного содержания ионов водорода удалось проследить вплоть до высоты 390 км. К концу измерений не было отмечено характерное для спокойных условий вечернее возрастание величины  $N(H^+)/N$ .

Отмеченные особенности поведения параметра  $N(H^+)/N$ , по-видимому, связаны с опустошением магнитной силовой трубки, проходящей над Харьковом, произошедшим вследствие деформации магнитосферы и смещения главного ионосферного провала вместе с провалом легких ионов в средние широты во время бури. Подобный эффект наблюдался с помощью харьковского радара НР, например, во время геокосмической бури 18–19 февраля 1999 г. ( $A_p=54$ ,  $K_p=7$ ) [1].

**Литература.** 1. Таран В. И., Григоренко Е.И. Ионосферно-протоносферные процессы во время естественных возмущений по данным харьковского радара некогерентного рассеяния // Сборник трудов первой Украинской конференции по перспективным космическим исследованиям. – 2001. – С. 119 – 124.

## **ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИОНОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНОЙ БУРИ 5–6 АВГУСТА 2011 г.**

**М. В. Ляшенко, С. В. Харитонов**

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*mlyashenko@ya.ru*

Сверхсильная магнитная буря (МБ) началась 5 августа 2011 г. в 19:03 UT. Индекс геомагнитной активности  $K_p$  в главную фазу магнитной бури достигал величины 8–,  $D_{st} = -113$  нТл. Скорость солнечного ветра (СВ) в течение главной фазы варьировалась в пределах 570–620 км/с, температура частиц СВ достигала величины  $6,4 \cdot 10^5$  К, концентрация частиц СВ  $N_{sw} \approx 1,9 \cdot 10^7$  м<sup>-3</sup>. Значение  $B_z$ -компоненты межпланетного магнитного поля (ММП) составляло  $-(15–18)$  нТл, значение модуля магнитной индукции ММП равнялось 25–27 нТл. Индекс авроральной активности  $AE \approx 1740$  нТл. Величина функции Акасофу  $\epsilon \approx 37$  Дж/с.

Для наблюдения эффектов ионосферной бури (ИБ) в вариациях параметров динамических и тепловых процессов в ионосфере использованы данные, полученные на харьковском радаре некогерентного рассеяния (НР). Радар НР в Харькове является единственным в средних широтах Европы и наиболее информативным источником сведений о параметрах ионосферы и процессах, протекающих в геокосмической плазме.

Для моделирования процессов в геокосмической плазме в период магнитной бури 5–6 августа 2011 г. использовались данные о концентрации электронов, температуры электронов и ионов, вертикальной составляющей скорости переноса плазмы в диапазоне высот 200–750 км.

Представлены результаты моделирования параметров динамических и тепловых процессов в ионосфере – плотностей полного потока плазмы и потока за счет амбиполярной диффузии, скоростей нейтральных ветров, значений величины энергии, подводимой к электронам, плотности потока тепла, переносимого электронами из плазмосферы в ионосферу.

Эффекты МБ хорошо проявились в вариациях параметров нейтральных ветров в ионосферной плазме. После внезапного начала ИБ в вариациях скорости нейтрального ветра 6 августа 2011 г. имели место волновые возмущения с периодом примерно 2,5–3 ч.

Во время главной фазы ИБ наблюдалось уменьшение величины энергии, подводимой к электронам примерно на 27, 25 и 15% на высотах 200, 250 и 300 км соответственно. Эффекты ИБ уверенно наблюдались и в вариациях плотности потоков тепла, переносимого электронами из плазмосферы в ионосферу. В главную фазу ИБ плотность потока тепла по модулю увеличилась примерно на 76, 69 и 25% на высотах 200, 250 и 300 км соответственно.

## **ДВИЖЕНИЕ НЕЙТРАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ ПРИ СОЛНЕЧНОМ ЗАТМЕНИИ**

**4 ЯНВАРЯ 2011 г.**

**Д. А. Дзюбанов, Л. Я. Емельянов, А. Е. Мирошников**

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*ion@kpi.kharkov.ua*

4 января 2011 года в геокосмической плазме наблюдались явления, обусловленные существенным изменением интенсивности ионизирующего излучения от Солнца во время солнечного затмения. Наиболее заметно уменьшились электронная концентрация и температура электронов. Температура же ионов изменялась не столь значительно. На высотах 200–300 км эти изменения были несущественными и стали заметными на высотах порядка 400 км, что может говорить об относительно небольшом влиянии солнечного затмения на температуру нейтралов, т. к. на больших высотах температура ионов определяется изменениями температуры электронов за счет теплопередачи.

По изменениям электронной концентрации и температур заряженных частиц были определены изменения диффузионной составляющей скорости движения плазмы. Следует отметить, что именно этот параметр обусловлен изменениями ионизирующего солнечного излучения. При этом градиент электронной температуры вызывает движение плазмы вниз, а градиент электронной концентрации – вверх, формируя в конкуренции этих процессов общую скорость диффузии. Получено, что в начале и в конце затмения диффузионная скорость была  $-5$  м/с, в максимальной фазе – около  $-2$  м/с.

Полная скорость движения плазмы складывается из диффузионной составляющей и составляющей, обусловленной увлечением ионов нейтральным ветром. Поэтому при использовании экспериментальных данных о полной скорости, была вычислена скорость движения нейтральной составляющей и проведено ее сопоставление с расчетами по эмпирической модели горизонтальных нейтральных ветров HWM 93. Согласно этой модели, в момент наступления главной фазы затмения вертикальная компонента скорости движения плазмы, обусловленная увлечением нейтральным ветром, на высоте 300 км составляла около  $-14$  м/с. Вычисленная из экспериментальных данных компонента скорости для того же времени имеет значение около  $-50$  м/с. Чтобы говорить об устойчивых различиях модели и эксперимента, необходимо накопление статистических данных о динамике ионосферы.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейших экспериментальных исследований среднеширотной ионосферы центральноевропейского региона для уточнения региональной модели ионосферы.

## **ВОЗМУЩЕНИЯ В Е-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ В ПЕРИОД РАБОТЫ НАГРЕВНОГО СТЕНДА «СУРА»**

С. В. Панасенко

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*ion@kpi.kharkov.ua*

Воздействию мощного радиоизлучения на околоземную плазму уделялось и уделяется большое внимание. Особый интерес представляет изучение возмущений, распространяющихся на расстояния  $\sim 100\text{--}1000$  км от места нагрева. Впервые они были обнаружены Л. Ф. Черногором в 1970-е гг. и названы крупномасштабными.

В F-области ионосферы крупномасштабные возмущения обычно представляют собой перемещающиеся ионосферные возмущения, связанные с генерацией и распространением акустико-гравитационных волн в верхней атмосфере. Проведенные ранее исследования возмущений в нижней ионосфере (в D- и E-областях) показали, что здесь, в отличие от F-области, они были аperiodическими, а их появляемость существенно зависела от состояния космической погоды и режима работы нагревного стенда. Возмущения могли возникать не при первом цикле периодического нагрева плазмы (эффект накопления) и заканчиваться до выключения нагревного стенда (эффект истощения). В ряде случаев новые всплески возмущений возникали при переключении мощности или выключении нагревного стенда.

Целью настоящей работы является исследование крупномасштабных ( $\sim 1000$  км) возмущений концентрации электронов в E-области ионосферы при помощи харьковского радара некогерентного рассеяния.

По результатам наблюдений, проведенных во время периодического нагрева ионосферной плазмы мощным радиоизлучением стенда «Сура» 20–23 сентября 2010 г., можно сделать следующие выводы. Аperiodические всплески концентрации электронов, коррелировавшие с началами циклов нагрева ионосферной плазмы, чаще всего возникали при повторных циклах (один раз – в первом цикле) нагрева. Наибольшие относительные возмущения концентрации электронов наблюдались на высотах порядка 100 км, где они достигали  $0,6\div 0,7$ . Эти возмущения уменьшались до  $0,2\div 0,3$  на высоте 120 км и практически отсутствовали на высоте 140 км. Время их запаздывания примерно равнялось 10 мин, а продолжительность – около 10–20 мин. В интервале времени между моментами прохождения магнитосопряженного и местного солнечного терминаторов такие возмущения не наблюдались.

Возникновение всплесков концентрации электронов можно объяснить нарушением сложившегося взаимодействия подсистем в системе Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера с последующим высыпанием энергичных электронов из магнитосферы в верхнюю атмосферу (высоты 100–120 км) и ее частичной ионизацией.

## ПОРІВНЯННЯ СПЕКТРУ ЗОНДУВАЛЬНОГО ІМПУЛЬСУ ЗІ СПЕКТРОМ СИГНАЛУ НЕКОГЕРЕНТНОГО РОЗСІЯННЯ

Н. А. Підручна<sup>1</sup>, В. О. Пуляєв<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

<sup>2</sup>Інститут іоносфери НАН і МОН молодьспорту України, Харків, Україна

*natasha.harkov@gmail.com*

В матеріалах тезисів розглядаються особливості використання методу НР, який охоплює набір різних методичних підходів і алгоритмічних процедур. Серед них найбільш важлива роль відводиться статистичному аналізу радіолокаційних даних і параметричній ідентифікації по ним стану іоносферної плазми. Від коректного функціонування цих процедур багато в чому залежить достовірність результатів дистанційного моніторингу навколоземного космічного простору.

В процесі досліджень було виявлено, що при аналізі статистичних характеристик сигналів НР потрібна більш точна оцінка іоносферних параметрів. Ці параметри визначаються локальними властивостями іоносферної плазми, безперервно розподіленої в просторі, і, крім того, вони змінюються в залежності від пори року і доби.

Для забезпечення максимальної міри достовірності процедури розрахунку іоносферних параметрів по кореляційним функціям сигналу розсіяння необхідно, щоб в ній в повному об'ємі враховувалися не тільки особливості структури змінного з висотою іонного складу плазми, а більш точно враховувалися особливості режиму імпульсного зондування іоносфери.

Мета роботи – моделювання статистичних характеристик сигналу розсіяння у порівнянні їх зі спектральними характеристиками зондуючого імпульсу, від яких залежить точність подальших розрахунків.

**Література:** 1. Пуляев В. А. Статистическое оценивание параметров ионосферы в методе НР // Радиотехника. № 129. Харьков: ХНУРЭ, 2002. С. 98–102. 2. Пуляев В.А. Вычислительные методы при обработке корреляционных функций сигнала НР // Вестник ХГПУ. Сб. научных трудов. Тем. вып. 103. Харьков: ХГПУ, 2000. С. 94–96. 3. Пуляев В.А. Оценка параметров ионосферной плазмы в методе НР // Східно-Європейський журнал передових технологій. № 5(5). Харків: Технологічний центр, 2003. С. 12–14. 4. Ситенко А.Г. Электромагнитные флуктуации в плазме. Харьков: ХГПУ, 1965. 183 с. 5. Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н. Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом НР. Монография. Харків: НТУ «ХПІ», 2008. 256 с. 6. Пуляев В.А., Дзюбанов Д.А., Домнин И.Ф. Определение параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн: монография – Харьков: НТУ «ХПІ», 2011. – 240 с.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОГЕРЕНТНЫХ ОТРАЖЕНИЙ ГРАДИЕНТНЫМ МЕТОДОМ

А. В. Богомаз, М. Н. Сюсюк

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*albom85@yandex.ru*

Идентификация когерентных отражений, которые возникают при попадании летательных объектов (искусственные спутники Земли и космический мусор) в диаграмму направленности антенны радара некогерентного рассеяния (НР), имеет большое значение. При определении параметров ионосферной плазмы когерентные отражения являются помехой, но могут быть использованы для настройки радара. Кроме того применение автоматической идентификации когерентных отражений и статистической обработки её результатов позволит исследовать загрязнение околоземного космического пространства.

Наиболее часто для идентификации когерентных отражений в данных, полученных на радаре НР, используется пороговая обработка с применением скользящего окна, достоинство которой заключается в простоте реализации [1, 2]. Но из-за того, что принимаемый радаром сигнал является нестационарным как по высоте, так и по времени, она не всегда даёт удовлетворительные результаты. Поэтому был опробован градиентный метод, основанный на дифференцировании двумерной функции мощности принятого сигнала  $P(h, t)$ , где  $h$  – высота,  $t$  – время [3].

Модули градиентов  $P(h, t)$ , полученные после применения операторов Собеля, Шарра и Прюитт, подвергались пороговой обработке. Результаты обработки показали, что метод применим для данных, полученных по длинному ( $T_{\text{и}} = 663$  мкс), и данных, полученных по короткому зондирующему импульсу ( $T_{\text{и}} = 135$  мкс).

**Литература:** 1. Богомаз А.В. Оптимизация параметров фильтрации когерентных помех при анализе данных некогерентного рассеяния // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ-2011»: Матеріали 7-ої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, Севастополь 11–15 квітня 2011 р. / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Севастопольський національний технічний університет – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 315. 2. Панасенко С.В. Фильтрация временных вариаций мощности некогерентно рассеянного сигнала при наличии нерегулярных помех и сбоев аппаратуры // Вестник НТУ «ХПИ». Радиофизика и ионосфера. – Харьков. – 2011. – № 44 – С. 40–44. 3. Теоретические основы цифровой обработки изображений: Учебное пособие / В.А. Сойфер, В.В. Сергеев, С.Б. Попов, В.В. Мясников. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева. Самара, 2000, 256 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНОГО РАДИОСИГНАЛА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ИОНОСФЕРЕ

Т. А. Скворцов, А. В. Фисун

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*fesun.a.v@mail.ru*

Использование радаров некогерентного рассеяния (НР) позволяет дистанционно определять параметры ионосферной плазмы Земли, такие как электронная концентрация  $N$ , кинетические температуры ионов  $T_i$ , электронов  $T_e$ , и др. Для удовлетворения противоречивых требований к зондирующему сигналу при измерениях на разных высотах ионосферы в харьковском Институте ионосферы проводятся исследования по повышению точности измерений за счет использования сложных сигналов.

В настоящее время в харьковском радаре НР ионосферу зондируют сигналом с круговой поляризацией, состоящим из длинного и короткого радиоимпульсов, которые имеют разные несущие частоты [1]. При этом плохая разрешающая способность длинного импульса приводит к погрешностям измерения  $T_i$  и  $T_e$ , а значит и  $N$ .

Возможность измерения профиля электронной концентрации  $N(h)$  при неизвестных температурах ионов и электронов появляется при использовании эффекта Фарадея. При этом для получения высокой точности измерений нужно излучать волну с линейной поляризацией.

Для повышения точности измерения параметров на разных высотах авторами предлагается использовать в радаре НР сложный сигнал, в котором длинный импульс имеет круговую поляризацию, а короткий импульс – линейную. Обыкновенную и необыкновенную волны рассеянного сигнала короткого элемента зондирующего сигнала принимают двумя каналами антенны с разной поляризацией. На выходе приемников измеряется разность фаз  $\varphi$  между обыкновенной и необыкновенной компонентами, после чего вычисляется электронная концентрация по формуле

$$N(h) = \frac{cf^2}{161,6\pi f_M} \cdot \frac{d\varphi}{dh},$$

где  $c$  – скорость света,  $f$  – рабочая частота,  $f_M$  – гирочастота.

Внедрение данного способа позволит улучшить качество получаемых данных на высотах ниже максимума области F2 ионосферы.

**Литература:** 1. Пат. 63076 Україна, МПК G01N27/00. Спосіб визначення параметрів іоносфери / Черняк Ю.В., Таран В.І., Лисенко В.М.; опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1, 2004.



**ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ БУРИ 5–6 АВГУСТА 2011 г.**

Л. Я. Емельянов<sup>1</sup>, М. В. Ляшенко<sup>1</sup>, С. В. Харитонова<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*iiion@kpi.kharkov.ua*

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина

*Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua*

Исследование геокосмических бурь имеет большую общенаучную и прикладную значимость. До сих пор остается ряд вопросов в формировании физических процессов, сопутствующих бурям, и прогнозе космической погоды.

Цель работы – изложение результатов измерений на харьковском радаре некогерентного рассеяния и моделирования вариаций параметров ионосферы и атмосферы во время сверхсильной магнитной бури (МБ) 5–6 августа 2011 г.

Во время главной фазы МБ (с 20:00 UT 5 августа до 04:00 UT 6 августа) выявлены существенные изменения параметров ионосферы. Наблюдались всплески критической частоты  $f_oF2$  в максимуме слоя  $F2$ , относительное отклонение  $\delta f_oF2$  при этом изменялась от  $-42\%$  до  $21\%$ . Концентрация электронов  $N_e$  в диапазоне высот 250–450 км уменьшалась до 90–25% соответственно. В целом, профили  $N_e$  на высотах 200–700 км в спокойные и в возмущенные дни сильно отличались. Высота  $h_mF2$  максимума слоя  $F2$  поднималась до 510 км, относительное отклонение  $\delta h_mF2$  достигло 60%. Температура электронов  $T_e$  на высотах 200–300 км увеличивались до 1,7–3,9 раз, составляя 1280–2340 К, а температура ионов  $T_i$  – в 1,7–2,6 раз, достигая 1250–1530 К.

С 6 по 7 августа над Харьковом наблюдалось отрицательное ионосферное возмущение, во время которого  $\delta f_oF2$  достигало  $-53\%$ , а  $\delta h_mF2$  – 20–30%. Уменьшение  $N_e$  в 2–3 раза наблюдалось на всем диапазоне высот 200–700 км. В ночные часы  $T_e$  поднималась до 650–2000 К, а  $T_i$  – до 650–1800 К.

Результаты моделирования процессов, сопутствовавших МБ, дали следующие результаты. Максимальное увеличение концентрации компонент нейтральной атмосферы 7 августа составляло:  $N(O)$  до 1,8 раза,  $N(N_2)$  до 2,1 раза, а  $N(O_2)$  до 2,4 раз. Соответственно, параметр  $p = N(O)/(N(N_2) + N(O_2))$  уменьшился до 1,5 раз. Во время главной фазы МБ наблюдались всплески подвода энергии к электронам  $Q/N$ . 6 августа  $Q/N$  и составляющие потерь в процессе теплообмена с ионами и нейтрами уменьшились. Значения температуры нейтралов во время главной фазы МБ на высотах 250–350 км увеличились до 2,2–1,4 раз соответственно, а 6 августа – до 1,2 раз на всем диапазоне высот.

В результате анализа результатов эксперимента установлено, что сверхсильная МБ 5–6 августа 2011 г. сопровождалась сильной ионосферной бурей.

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ НА КРУГОВУЮ ПОЛЯРИЗАЦИЮ КОМПЛЕКСА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**А. Е. Чаган, А. И. Лялюк, Д. А. Искра**

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*chaganton@gmail.com*

В докладе рассматривается система автоматической настройки на круговую поляризацию двухканального радиопередающего устройства комплекса НР [1]. В этом случае круговая или линейная поляризация обеспечивается соответствующим сдвигом фаз между каналами, запитываемыми облучатель зеркальной антенны [2]. В метровом диапазоне волн высотный профиль мощности НР сигналов подвержен, так называемой фарадеевской модуляции. Поэтому антенно-фидерная система комплекса НР должна обеспечивать передачу и приём сигналов с заданными поляризационными характеристиками, чтобы свести этот эффект модуляции к минимуму [3]. В ходе измерений необходимо обеспечивать контроль поляризации излучаемого сигнала. При разработке системы контроля на первый план выходят такие параметры как требуемая точность, возможность доступа к системе контроля, сложность конструкции.

Разработанная система автоматической настройки дополняет существующую систему контроля и состоит из следующих функциональных узлов:

- двух ортогональных штыревых датчиков, расположенных в рупоре антенны;
- устройства суммирования на основе кольцевого моста [4];
- системы анализа и принятия решения выполненной на базе микроконтроллера;
- исполняющего устройства, представляющего собой шаговый двигатель, управляющий механическим фазовращателем тромбонного типа.

Разработанная система позволяет автоматически поддерживать заданный фазовый сдвиг между каналами с точностью не хуже  $1^\circ$  и компенсировать его измерения, вызванные колебаниями температуры окружающей среды.

**Литература:** 1. Головин В.И. Радиопередающее устройство измерительного комплекса некогерентного рассеяния. // Вестник харьковского политехнического института. – № 155. – Харьков: «Вища школа». – 1979. – С. 45–50. 2. Нарбут В.П., Хмель В.Ф. Поляризационные характеристики зеркальных антенн. – Киев: «Вища школа». – 1978. – 280 с. 3. Емельянов Л.Я., Скляр И.Б., Черняев С.В. Контроль поляризации и стабильности параметров радара некогерентного рассеяния. // Вестник НТУ «ХПИ» – Харьков: НТУ «ХПИ» – № 4. – 2001. – С. 85–89. 4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – Москва: «Высшая школа». – 1988. – 430 с.

Конференция молодых учёных

ДИСТАНЦИОННОЕ  
РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ  
ИОНОСФЕРЫ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

18 – 20 апреля 2012 г.  
г. Харьков, Украина

Компьютерная вёрстка: Богомаз А.В.

---

© 2012, Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
61002, ГСП, г. Харьков-2, ул. Краснознамённая 16  
Тел./факс: (057) 706-22-87  
*e-mail: iion@kpi.kharkov.ua*

