

**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**

*12 – 15 апреля 2011 г.  
г. Харьков, Украина*

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

12 – 15 апреля 2011 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  
*Рогожкин 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:

*Бурмака В.П.* – научный сотрудник, Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Барабаш В.В.* – младший научный сотрудник,  
Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины  
*Богомаз А.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> .....	6
<b>Пленарные заседания</b> .....	9
<i>Емельянов Л.Я., Живолуп Т.Г.</i> Институт ионосферы НАН и МОН Украины. Краткий исторический обзор .....	10
<i>Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф.</i> Фрактальный анализ в задачах дистанционного радиозондирования геокосмоса .....	17
<i>Черногор Л.Ф.</i> Магнито-ионосферные эффекты солнечного терминатора ..	18
<i>Ямпольский Ю.М.</i> Геокосмические исследования в Антарктике на станции «Академик Вернадский» .....	19
<i>Рогожкин Е.В.</i> Кодирование зондирующих сигналов при исследовании ионосферы методом НР .....	20
<b>Секция 1. Радиотехнические средства и методы</b> .....	21
<i>Вовк В.С., Ковальчук О.М., Козирев Є.С., Халолей М.І., Шульга О.В.</i> Пристрій визначення часових затримок .....	22
<i>Кононенко А.А., Емельянов Л.Я.</i> Использование автоматической ионосферной станции «Базис» вертикального и наклонного зондирования для мониторинга ионосферы .....	23
<i>Коптяева А.С., Пуляев В.А.</i> Выбор разрядности аналого-цифрового преобразования сигнала некогерентного рассеяния .....	24
<i>Лялюк А.И., Чепурной Я.Н.</i> Анализ систем контроля настройки на круговую поляризацию и измерение их параметров .....	25
<i>Пидручная Н.А., Пуляев В.А.</i> Разработка схемы контроля и резервирования блоков питания специализированной аппаратуры .....	26
<i>Слинько Д.А., Пуляев В.А.</i> Учёт искажений, связанных с эффектом импульсного сглаживания сигнала некогерентного рассеяния .....	27
<i>Тобаев С.Т., Нокель В.П., Ямпольский Ю.С.</i> Метод повышения информативности ВАХ зондовых датчиков .....	28
<i>Чаркина О.В., Безродный В.Г., Ямпольский Ю.М.</i> Многолучевые риометры в качестве приёмных устройств зондирования верхней ионосферы .....	29
<b>Секция 2. Обработка и представление сигналов</b> .....	30
<i>Алсаткин С.С., Воронов А.Л.</i> Новый алгоритм свёртки для обработки данных полученных методом НР на ИРНР .....	31
<i>Белозёров Д.П., Скворцов Т.А.</i> Матричная модель некогерентно рассеянного сигнала .....	32
<i>Богомаз А.В., Пуляев В.А.</i> Оценка статистических погрешностей характеристик некогерентно рассеянного сигнала .....	33
<i>Богомаз А.В., Котов Д.В., Ярков Е.И.</i> Восстановление профиля мощности некогерентно рассеянного сигнала .....	34

<i>Сливинский А.П., Шульга А.В., Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Козырев Е.С., Вовк В.С.</i> Исследование плотности метеорных потоков по сигналам FM станций в НИИ НАО .....	35
<i>Гркович К.В., Бернгардт О.И.</i> Методика обработки сигналов когерентного эхо в приближении малого числа точечных рассеивателей .....	36
<i>Котов Д.В., Черногор Л.Ф.</i> Перспективный подход к обработке данных радара НР на основе интегральной АКФ .....	37
<i>Инчин А.С., Лозбин А.Ю., Шпади Ю.Р., Шпади М.Ю.</i> Обработка спутниковых электромагнитных данных для обнаружения и локализации наземных радиопередатчиков .....	38
<i>Лялюк А.И., Бакланов А.О.</i> Преимущества обработки сигналов НР на промежуточной частоте .....	39
<i>Михайлов А.Ю.</i> Представление мультимедийных данных с помощью общей математической теории поля, передача мультимедийных данных, мобильные вычислительные агенты .....	40
<i>Колчев А.А., Недопёкин А.Е.</i> Статистические распределения сигналов ионосферного ЛЧМ зондирования .....	41
<i>Сюсюк М.Н., Котов Д.В.</i> Функция неопределённости радара некогерентного рассеяния .....	42
<i>Фисун А.В., Скворцов Т.А., Емельянов Л.Я., Рогожкин Е.В.</i> Определение электронной концентрации в ионосфере с помощью составного радиоимпульсного сигнала .....	43
<i>Колчев А.А., Хобер Д.В.</i> Обнаружение сигналов ЛЧМ зондирования ионосферы .....	44
<i>Щирый А.О.</i> Перспективы применения биспектрального анализа для исследования тонкого расслоения ионосферных слоёв по данным наклонного радиозондирования .....	45
<b>Секция 3. Ионосферная информатика</b> .....	46
<i>Богомаз А.В., Козлов С.С., Пуляев В.А.</i> Данные для базы института ионосферы .....	47
<i>Козлов С.С.</i> Выбор СУБД для базы данных харьковского радара некогерентного рассеяния .....	48
<i>Чаган А.Е., Пуляев В.А.</i> Вопросы усовершенствования процесса обмена ионосферной информацией между подсистемами радара НР .....	49
<b>Секция 4. Физика ионосферы и моделирование процессов</b> .....	50
<i>Барабаш В.В., Черногор Л.Ф.</i> Эффекты солнечного затмения 4 января 2011 г., наблюдаемые при помощи ионозонда .....	51
<i>Бару Н.А., Колосков А.В.</i> Восстановление критической частоты слоя F2 по данным анализа собственных частот ионосферного альфвеновского резонанса .....	52
<i>Бурмака В.П., Черногор Л.Ф.</i> Волновые возмущения в ионосфере в спокойных условиях и во время воздействия солнечного терминатора, затмений и стартов ракет .....	53

<i>Бурмака В.П., Черногор Л.Ф.</i> Волновые возмущения в ионосфере в течение солнечного затмения 4 января 2011 г. в Харькове .....	54
<i>Котов Д.В., Черногор Л.Ф.</i> Пространственно-временные вариации относительного содержания ионов водорода в различных гелиогеофизических условиях .....	55
<i>Ляшенко М.В.</i> Вариации параметров динамических процессов в ионосфере на фазе роста 24-го цикла солнечной активности .....	56
<i>Ляшенко М.В., Черногор Л.Ф.</i> Эффекты частного затмения Солнца 4 января 2011 г. в вариациях параметров геокосмической плазмы над Харьковом .....	57
<i>Дзюбанов Д.А., Емельянов Л.Я., Мирошников А.Е.</i> Динамика ионосферы при солнечном затмении 4 января 2011 года .....	58
<i>Мирошников А.Е., Черногор Л.Ф.</i> Сезонно-суточная зависимость шумового космического радиоизлучения на частоте 158 МГц .....	59
<i>Яковец А.Ф., Водяников В.В., Нурмуханбетова К.Ж., Гордиенко Г.И., Литвинов Ю.Г.</i> Динамика среднеширотной F-области ионосферы на восходе Солнца .....	60
<i>Домнин И.Ф., Панасенко С.В., Черногор Л.Ф.</i> Эффекты в ионосфере над Харьковом, сопровождавшие работу нагревного стенда «Сура» .....	61
<i>Панасенко С.В., Черногор Л.Ф.</i> Выявление модельных и геофизических солитоноподобных процессов при помощи алгоритмов теории оптимального обнаружения и оценивания .....	62
<i>Харитонова С.В., Черногор Л.Ф.</i> Влияние геокосмических бурь на ионосферный канал распространения радиоволн .....	63
<i>Пазюра С.А., Харитонова С.В., Черногор Л.Ф.</i> Эффекты слабой геокосмической бури 20–21 января 2010 г. ....	64
<i>Черняк Ю.В., Захаренкова И.Е., Шагимурастов И.И.</i> Динамика ионосферных возмущений в период низкой солнечной активности .....	65
<i>Черногор Л.Ф., Шамота М.А.</i> Реакция пульсаций геомагнитного поля на прохождение магнитосопряжённого солнечного терминатора .....	66
<i>Щербаков А.А.</i> Исследование вариаций скорости дрейфа ионосферной плазмы в период низкой солнечной активности .....	67

## ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

11 апреля 2011 г., понедельник

*Заезд участников*

12 апреля 2011 г., вторник

9<sup>00</sup>–10<sup>00</sup>  
10<sup>00</sup>–10<sup>30</sup>

*Регистрация*

*Открытие*

*Пленарные заседания*

10<sup>30</sup>–11<sup>00</sup>

Емельянов Л.Я., Живолуп Т.Г. Институт ионосферы НАН и МОН Украины.  
Краткий исторический обзор

11<sup>00</sup>–11<sup>30</sup>

Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Фрактальный анализ в задачах дистанционного радиозондирования геокосмоса

11<sup>30</sup>–12<sup>00</sup>

Черногор Л.Ф. Магнито-ионосферные эффекты солнечного терминатора

12<sup>00</sup>–12<sup>30</sup>

Ямпольский Ю.М. Геокосмические исследования в Антарктике на станции «Академик Вернадский»

12<sup>30</sup>–13<sup>00</sup>

Рогожкин Е.В. Кодирование зондирующих сигналов при исследовании ионосферы методом НР

13 апреля 2011 г., среда

*Секционные доклады*

9<sup>00</sup>–9<sup>15</sup>

Бурмака В.П., Черногор Л.Ф. Волновые возмущения в ионосфере в спокойных условиях и во время воздействия солнечного терминатора, затмений и стартов ракет

9<sup>15</sup>–9<sup>30</sup>

Бурмака В.П., Черногор Л.Ф. Волновые возмущения в ионосфере в течение солнечного затмения 4 января 2011 г. в Харькове

9<sup>30</sup>–9<sup>45</sup>

Ляшенко М.В. Вариации параметров динамических процессов в ионосфере на фазе роста 24-го цикла солнечной активности

9<sup>45</sup>–10<sup>00</sup>

Ляшенко М.В., Черногор Л.Ф. Эффекты частного затмения Солнца 4 января 2011 г. в вариациях параметров геокосмической плазмы над Харьковом

10<sup>00</sup>–10<sup>30</sup>

*Кофе-брейк*

10<sup>30</sup>–10<sup>45</sup>

Яковец А.Ф., Водяников В.В., Нурмуханбетова К.Ж., Гордиенко Г.И., Литвинов Ю.Г. Динамика среднеширотной F-области ионосферы на восходе Солнца

10<sup>45</sup>–11<sup>00</sup>

Дзюбанов Д.А., Емельянов Л.Я., Мирошников А.Е. Динамика ионосферы при солнечном затмении 4 января 2011 года

11<sup>00</sup>–11<sup>15</sup>

Мирошников А.Е., Черногор Л.Ф. Сезонно-суточная зависимость шумового космического радиоизлучения на частоте 158 МГц

11<sup>15</sup>–11<sup>30</sup>

Черняк Ю.В., Захаренкова И.Е., Шагимуратов И.И. Динамика ионосферных возмущений в период низкой солнечной активности

11<sup>30</sup>–13<sup>00</sup>

*Перерыв на обед*

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

12 – 15 апреля 2011 г.

г. Харьков, Украина

**Секционные доклады**

- 13<sup>00</sup>–13<sup>15</sup> Домнин И.Ф., Панасенко С.В., Черногор Л.Ф. Эффекты в ионосфере над Харьковом, сопровождавшие работу нагревного стенда «Сура»
- 13<sup>15</sup>–13<sup>30</sup> Панасенко С.В., Черногор Л.Ф. Выявление модельных и геофизических солитоноподобных процессов при помощи алгоритмов теории оптимального обнаружения и оценивания
- 13<sup>30</sup>–13<sup>45</sup> Харитонова С.В., Черногор Л.Ф. Влияние геокосмических бурь на ионосферный канал распространения радиоволн
- 13<sup>45</sup>–14<sup>00</sup> Пазюра С.А., Харитонова С.В., Черногор Л.Ф. Эффекты слабой геокосмической бури 20–21 января 2010 г.
- 14<sup>00</sup>–14<sup>30</sup> **Кофе-брейк**
- 14<sup>30</sup>–14<sup>45</sup> Черногор Л.Ф., Шамота М.А. Реакция пульсаций геомагнитного поля на прохождение магнитосопряжённого солнечного терминатора
- 14<sup>45</sup>–15<sup>00</sup> Барабаш В.В., Черногор Л.Ф. Эффекты солнечного затмения 4 января 2011 г., наблюдаемые при помощи ионозонда
- 15<sup>00</sup>–15<sup>15</sup> Щербаков А.А. Исследование вариаций скорости дрейфа ионосферной плазмы в период низкой солнечной активности
- 15<sup>15</sup>–15<sup>30</sup> Бару Н.А., Колосков А.В. Восстановление критической частоты слоя F2 по данным анализа собственных частот ионосферного альфвеновского резонанса

**14 апреля 2011 г., четверг**

**Секционные доклады**

- 9<sup>00</sup>–9<sup>15</sup> Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Пространственно-временные вариации относительного содержания ионов водорода в различных гелиогеофизических условиях
- 9<sup>15</sup>–9<sup>30</sup> Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Перспективный подход к обработке данных радара НР на основе интегральной АКФ
- 9<sup>30</sup>–9<sup>45</sup> Белозёров Д.П., Скворцов Т.А. Матричная модель некогерентно рассеянного сигнала
- 9<sup>45</sup>–10<sup>00</sup> Богомаз А.В., Пуляев В.А. Оценка статистических погрешностей характеристик некогерентно рассеянного сигнала
- 10<sup>00</sup>–10<sup>15</sup> Богомаз А.В., Котов Д.В., Ярков Е.И. Восстановление профиля мощности некогерентно рассеянного сигнала
- 10<sup>15</sup>–10<sup>30</sup> Лялюк А.И., Бакланов А.О. Преимущества обработки сигналов НР на промежуточной частоте
- 10<sup>30</sup>–10<sup>45</sup> Сюсюк М.Н., Котов Д.В. Функция неопределённости радара некогерентного рассеяния
- 10<sup>45</sup>–11<sup>00</sup> **Кофе-брейк**
- 11<sup>00</sup>–11<sup>15</sup> Алсаткин С.С., Воронов А.Л. Новый алгоритм свёртки для обработки данных полученных методом НР на ИРНР
- 11<sup>15</sup>–11<sup>30</sup> Гркович К.В., Бернгардт О.И. Методика обработки сигналов когерентного эхо в приближении малого числа точечных рассеивателей
- 11<sup>30</sup>–11<sup>45</sup> Михайлов А.Ю. Представление мультимедийных данных с помощью общей математической теории поля, передача мультимедийных данных, мобильные вычислительные агенты
- 11<sup>45</sup>–12<sup>00</sup> Колчев А.А., Хобер Д.В. Обнаружение сигналов ЛЧМ зондирования ионосферы

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

12 – 15 апреля 2011 г.

г. Харьков, Украина

- 12<sup>00</sup>–12<sup>15</sup> *Щирый А.О.* Перспективы применения биспектрального анализа для исследования тонкого расслоения ионосферных слоёв по данным наклонного радиозондирования
- 12<sup>15</sup>–12<sup>30</sup> *Колчев А.А., Недопёкин А.Е.* Статистические распределения сигналов ионосферного ЛЧМ зондирования
- 12<sup>30</sup>–12<sup>45</sup> *Инчин А.С., Лозбин А.Ю., Шпади Ю.Р., Шпади М.Ю.* Обработка спутниковых электромагнитных данных для обнаружения и локализации наземных радиопередатчиков
- 12<sup>45</sup>–14<sup>00</sup> **Перерыв на обед**  
**Секционные доклады**
- 14<sup>00</sup>–14<sup>15</sup> *Лялюк А.И., Чепурной Я.Н.* Анализ систем контроля настройки на круговую поляризацию и измерение их параметров
- 14<sup>15</sup>–14<sup>30</sup> *Конonenко А.А., Емельянов Л.Я.* Использование автоматической ионосферной станции «Базис» вертикального и наклонного зондирования для мониторинга ионосферы
- 14<sup>30</sup>–14<sup>45</sup> *Чаркина О.В., Безродный В.Г., Ямпольский Ю.М.* Многолучевые риометры в качестве приёмных устройств зондирования верхней ионосферы
- 14<sup>45</sup>–15<sup>00</sup> *Фисун А.В., Скворцов Т.А., Емельянов Л.Я., Рогожкин Е.В.* Определение электронной концентрации в ионосфере с помощью составного радиоимпульсного сигнала
- 15<sup>00</sup>–15<sup>15</sup> *Богомаз А.В., Козлов С.С., Пуляев В.А.* Данные для базы института ионосферы
- 15<sup>15</sup>–15<sup>30</sup> *Козлов С.С.* Выбор СУБД для базы данных харьковского радара некогерентного рассеяния
- 15<sup>30</sup>–15<sup>45</sup> **Кофе-брейк**
- 15<sup>45</sup>–16<sup>00</sup> *Чаган А.Е., Пуляев В.А.* Вопросы усовершенствования процесса обмена ионосферной информацией между подсистемами радара НР
- 16<sup>00</sup>–16<sup>15</sup> *Пидручная Н.А., Пуляев В.А.* Разработка схемы контроля и резервирования блоков питания специализированной аппаратуры
- 16<sup>15</sup>–16<sup>30</sup> *Слинько Д.А., Пуляев В.А.* Учёт искажений, связанных с эффектом импульсного сглаживания сигнала некогерентного рассеяния
- 16<sup>30</sup>–16<sup>45</sup> *Коптяева А.С., Пуляев В.А.* Выбор разрядности аналого-цифрового преобразования сигнала некогерентного рассеяния
- 16<sup>45</sup>–17<sup>00</sup> *Вовк В.С., Ковальчук О.М., Козирев Е.С., Халолей М.И., Шульга О.В.* Пристрій визначення часових затримок
- 17<sup>00</sup>–17<sup>15</sup> *Сливинский А.П., Шульга А.В., Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Козырев Е.С., Вовк В.С.* Исследование плотности метеорных потоков по сигналам FM станций в НИИ НАО
- 17<sup>15</sup>–17<sup>30</sup> *Тибаев С.Т., Нокель В.П., Ямпольский Ю.С.* Метод повышения информативности ВАХ зондовых датчиков

15 апреля 2011 г., пятница

9<sup>00</sup>–18<sup>00</sup>

**Экскурсия**

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

*12 – 15 апреля 2011 г.*

*г. Харьков, Украина*

---

ПЛЕНАРНЫЕ  
ЗАСЕДАНИЯ

---

**ИНСТИТУТ ИОНОСФЕРЫ НАН И МОН УКРАИНЫ.  
КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

**Л. Я. Емельянов, Т. Г. Живолуп**

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*ioon@kpi.kharkov.ua*

В конце 1940-х – начале 1950-х гг. стремительно начали развиваться радиолокация, радионавигация и другие отрасли науки, связанные с радиофизикой, радиотехникой и радиоэлектроникой, что было вызвано необходимостью укрепления обороны страны, развитием радиоэлектронной промышленности и началом космических исследований. Этим было обусловлено открытие в 1946 г. в Харьковском электротехническом институте (ХЭТИ) (с 1949 г. – Харьковский политехнический институт, ХПИ) радиотехнического факультета (РТФ).

С 1950 г. развернулись работы, связанные с исследованиями ионосферы: разработка ионосферной станции (С. Я. Брауде – руководитель, Б. Г. Бондарь, Б. Л. Кашеев, Е. Г. Прошкин, В. В. Толстов). С 1954 г. сотрудниками РТФ ХПИ начались работы по изучению среднеширотной ионосферы.

В 1963 г. на РТФ ХПИ была создана научно-исследовательская лаборатория ионосферы (НИЛИ), которую возглавил В. И. Таран, в будущем д.ф.-м.н., профессор. Эта лаборатория начала заниматься работами, направленными на проведение исследований новым многообещающим методом – методом некогерентного рассеяния (НР) радиоволн.

В 1971 г. по инициативе В. И. Тарана в ХПИ была создана общетехническая кафедра «Радиоэлектроника», которую он и возглавил. В 1989 г. кафедра приступила к подготовке и выпуску инженеров-радиофизиков.

С 1971 г. НИЛИ преобразовывалась в научно-исследовательскую лабораторию кафедры «Радиоэлектроника» (НИЛ РЭ), Отдельное, а затем и Особое конструкторское бюро радиофизических исследований ионосферы (ОКБ РФИИ).

17 апреля 1991 г. постановлением Совета Министров УССР № 139-р на базе ОКБ РФИИ был создан Институт ионосферы НАН и МОН Украины. Директором Института ионосферы стал проф. В. И. Таран.

На протяжении многих лет была проделана огромная работа по созданию высокопотенциальных радаров НР, систем обработки информации, методик зондирования ионосферы, приёма НР сигнала и его обработки.

Под руководством В. И. Тарана вблизи г. Змиёва (около 50 км от г. Харькова) была создана уникальная, единственная в Советском Союзе обсерватория с эталонными научными инструментами – специализированными радарными НР.

Первые результаты методом НР были получены в 1972 г. с помощью неподвижной параболической антенны диаметром 30 м, промышленного радиолокационного передатчика и внедрённых сотрудниками под

руководством И. Н. Преснякова радиоприёмника и спектроанализатора.

В дальнейшем был значительно повышен потенциал радара. Опытным заводом ХПИ была создана уникальная наибольшая в Европе зенитная двухзеркальная параболическая антенна диаметром 100 м. Внедрено новое более надёжное и чувствительное радиоприёмное устройство. На их базе создан радар НР метрового диапазона волн, который позволил исследовать ионосферу на высотах 100–1500 км методом НР и проводить систематические измерения основных параметров ионосферы (электронной концентрации, температур электронов и ионов, скорости движения ионосферной плазмы, относительной концентрации молекулярных и атомарных ионов). Такого набора данных невозможно получить другими методами исследования ионосферы.

С самого начала работ по созданию уникальной экспериментальной базы наиболее ответственную работу под руководством В. И. Тарана осуществляли ведущие специалисты И. Н. Пресняков, Е. В. Рогожкин, В. И. Головин, В. И. Лиокумович, Е. И. Григоренко, А. А. Соляник, С. Д. Андренко, А. С. Ефременко.

В 1975 г. начали проводиться регулярные исследования ионосферы с помощью коррелометра, разработанного руководителем экспериментальных работ Е. В. Рогожкиным. В создании коррелометра активное участие принимали Ф. А. Маенко, Л. Я. Емельянов, А. Ф. Кононенко, М. Н. Паун, М. Н. Забирко, Н. Ф. Шаталова, В. Ф. Складорова.

В 1983 г. под руководством к.т.н. Н. П. Маглеванного А. Е. Андреев, И. Б. Складоров и В. П. Лукьяненко провели первые эксперименты с кодированными сигналами и получили новые научные результаты.

В 1985 г. Л. Я. Емельяновым, В. П. Курисько и А. И. Стаховской была введена в эксплуатацию новая автоматическая ионосферная станция «Базис». Ранее для вертикального зондирования ионосферы использовалась автоматическая ионосферная станция, которую в начале существования НИЛИ установили, а затем модернизировали В. И. Головин, С. В. Черняев, В. С. Костюченко, Е. И. Стаховская.

В этот же период были проведены первые эксперименты с возмущениями ионосферной плазмы мощным ВЧ излучением. В этих работах принимали участие А. Н. Смирнов, В. К. Боговский, Л. Я. Емельянов, А. П. Богдан, В. В. Дивавин. Впоследствии к выполнению этих работ были привлечены Л. П. Гончаренко и В. Н. Лысенко.

В 1986 г. под руководством к.ф.-м.н. Е. В. Рогожкина был введён в эксплуатацию многофункциональный коррелометр «СКИФ». Его разработку осуществили аспиранты А. Н. Хлебников, В. А. Пуляев и В. А. Филоненко.

Под руководством Л. Я. Емельянова была разработана и внедрена многофункциональная многоканальная приёмно-задающая система, которая значительно расширила возможности радара НР. В этой работе активное участие принимали В. П. Курисько и М. Н. Паун.

В 1989 г. под руководством Я. Н. Чепурного была введена в

эксплуатацию полноповоротная антенна диаметром 25 м. С её помощью были получены первые уникальные результаты по пространственному исследованию ионосферы методом НР.

Кроме этого, проводились исследования тонкой структуры нижней части ионосферы с помощью радара НР дециметрового диапазона волн (С. В. Черняев, В. Н. Лысенко, А. А. Закорин, В. Н. Авдеев).

С момента создания Института ионосферы продолжалось развитие экспериментальной базы, в частности, радиопередающих, радиоприёмных и обрабатывающих систем, совершенствовались методы обработки информации.

В целом, получен большой объём экспериментальных данных в течение трёх циклов солнечной активности.

С 2009 г. Институт ионосферы НАН и МОН Украины возглавил д.т.н., проф. И. Ф. Домнин. Он провёл комплекс работ по совершенствованию научно-экспериментальной базы Института, развитию сотрудничества с отечественными и зарубежными учёными и научными организациями. Большое внимание проф. И. Ф. Домнин уделяет молодым учёным, аспирантам и, в частности, подготовке магистров и специалистов по специальности «Радиофизика и электроника», возглавляя с 2008 г. кафедру «Радиоэлектроника» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (НТУ «ХПИ»). Институт ионосферы пополняют наиболее перспективные выпускники этой кафедры, а также радиофизического факультета Харьковского национального университета (ХНУ) имени В. Н. Каразина. В настоящее время 4 сотрудника Института являются аспирантами. Успешно защищаются кандидатские диссертации. Большой вклад в научные исследования и подготовку молодых учёных вносит д.ф.-м.н., проф. Л. Ф. Черногор.

Ниже приведен краткий перечень ряда работ и основных исполнителей. Общее руководство осуществляли д.ф.-м.н., проф. В. И. Таран (до марта 2009 г.) и д.т.н., проф. И. Ф. Домнин (с апреля 2009 г.).

– Разработка радиотехнических систем радаров НР метрового диапазона волн, их модернизация и экспериментальные исследования – Е. В. Рогожкин (общее руководство), В. И. Головин, А. П. Евдокимов, А. Н. Смирнов, Н. А. Смагло, А. Д. Коваль, С. В. Черняев (радиопередающие устройства), О. А. Соляник, С. А. Андренко, Ю. Г. Гукасов, В. С. Болибок, В. Н. Ивченко, Я. Н. Чепурной, Г. М. Тиняков (антенно-фидерные устройства), Ф. А. Маенко, В. Н. Лысенко, Л. Я. Емельянов, В. П. Курисько, М. Н. Паун (радиоприёмные системы), И. Б. Скляр, А. М. Капустян (система контроля).

– Внедрение аппаратуры и экспериментальные работы на радаре НР дециметрового диапазона – С. В. Черняев, В. И. Евченко, А. А. Закорин, В. Н. Лысенко, В. Н. Авдеев, В. М. Белоус.

– Строительство фазированной антенной решётки размерами  $300 \times 300 \text{ м}^2$  и внедрение аппаратуры нагревного стенда ВЧ диапазона – В. К. Боговский, А. П. Богдан, В. В. Дивавин, А. И. Поливаный и В. В. Краснокутский.

– Ввод и эксплуатация вычислительных средств – Л. А. Петров, А. Ф. Кононенко, В. И. Ващенко, В. П. Лукьяненко, В. Г. Замковой, С. Я. Тимонин, Н. И. Палий, А. С. Симонов, В. Л. Макогонюк и К. Г. Высоцкий.

– Разработка, внедрение и модернизация специализированных устройств обработки – Е. В. Рогожкин, В. Н. Лысенко, А. Н. Хлебников, В. А. Пуляев, Л. Я. Емельянов, М. Н. Забирко, М. Н. Паун, Н. Ф. Шаталова, А. Ф. Кононенко, И. Б. Склярв и В. А. Филоненко.

– Разработка алгоритмов и программ обработки НР сигнала – Е. В. Рогожкин, Е. И. Григоренко, В. Н. Лысенко, В. А. Пуляев, Л. Я. Емельянов, В. И. Ващенко, В. П. Лукьяненко, В. Г. Замковой, Е. Г. Жилияков, А. В. Болибок, Е. В. Попкова (Дрибноход), Г. П. Роменская, С. Р. Третьяков, С. В. Гринченко, Ю. В. Черняк, Д. В. Котов и А. В. Богомаз.

– Обработка данных и интерпретация измеренных параметров ионосферы – Е. И. Григоренко, В. И. Лиокумович, Е. В. Рогожкин, В. И. Головин, Л. Ф. Черногор, Д. А. Дзюбанов, Ю. И. Подъячий, Ф. Б. Чёрный, Т. Г. Живолуп, И. В. Соколова, В. Н. Лысенко, Л. Я. Емельянов, М. В. Ляшенко, В. П. Бурмака, С. А. Пазюра, А. В. Болибок и Т. В. Толстова.

– Разработка и развитие ионосферных моделей – Е. И. Григоренко, Д. А. Дзюбанов, Т. Г. Живолуп, Л. Ф. Черногор и М. В. Ляшенко.

– Исследование быстропротекающих процессов в ионосфере (реакция ионосферы на запуски космических аппаратов, мощные взрывы, волновые процессы в ионосфере) – Ю. И. Подъячий, Л. Ф. Черногор, В. П. Бурмака, И. Ф. Домнин.

– Исследование влияния геокосмических бурь – Л. Ф. Черногор, Е. И. Григоренко, С. А. Пазюра.

– Исследование влияния солнечных затмений – Е. И. Григоренко, Л. Я. Емельянов, Л. Ф. Черногор, М. В. Ляшенко, В. Н. Лысенко.

– Техническое обеспечение работ на экспериментальной базе в г. Змиёве – С. Д. Андренко, В. И. Головин, Н. Ф. Гринько, В. К. Боговский, В. В. Краснокутский, В. А. Бугай, Н. Н. Шевченко.

– Чрезвычайно важную и необходимую работу, заключающуюся в планировании работ Института ионосферы, установлении связей с заказчиками, заключении договоров и координации взаимодействия с внешними научными, военными, строительно-монтажными и другими организациями, осуществлял заместитель директора А. Н. Гридин. Во многом благодаря ему Институт был снабжён современными радиолокационными средствами и радиоизмерительными приборами, успешно выполнялись научно-исследовательские работы.

С ноября 1991 г. началось регулярное сотрудничество с учёными США из лаборатории Хейстек Массачусетского технологического института (МТИ). В 1992 г. делегация американских учёных посетила Институт ионосферы и его обсерваторию, был проведен научный семинар. Сотрудники Института ионосферы были приглашены в США для совместных исследований. В 1993 г.

лабораторию Хейстек посетил В. Н. Лысенко. С октября 1994 по январь 1995 г. д.ф.-м.н., проф. В. И. Таран, д.ф.-м.н., проф. Е. В. Рогожкин и Л. П. Гончаренко работали в лаборатории Хейстек МТИ и на радиотелескопе Корнельского университета в Аресибо (Пуэрто-Рико, США). В январе 1995 г. состоялась презентация Института ионосферы в Национальном научном фонде США в Вашингтоне.

В связи с высоким международным авторитетом Института ионосферы 14–18 августа 1995 г. в Институте была проведена рабочая группа Международного радиосоюза URSI по некогерентному рассеянию, в работе которой принимали участие ведущие российские учёные: д.ф.-м.н., с.н.с. А. В. Михайлов, к.ф.-м.н., с.н.с. А. В. Тащилин, ведущие учёные США по исследованию ионосферы методом НР д-р Д. Фостер, д-р Д. Келли и д-р С. Гонзалес и учёные Института ионосферы.

С 1996 г. по 1999 г. Институт ионосферы проводил исследования вариаций лёгких ионов гелия и водорода в рамках Гранта, выделенного Национальным научным фондом США. Результаты этих исследований получили высокую оценку учёных зарубежных стран.

В июне 1999 г. зав. отделом Института ионосферы к.т.н. В. А. Пуляев посетил лабораторию Хейстек МТИ и международный центр атмосферных данных NCAR в Национальном центре атмосферных исследований (Боулдер, США).

В течение последнего десятилетия сотрудничество с зарубежными учёными успешно продолжается и развивается. В частности, Институт ионосферы и его экспериментальную обсерваторию посетили учёные из Европейской научной ассоциации по некогерентному рассеянию (EISCAT) (в 2003 г. профессор Университета Уэльса (Великобритания) Ф. Уильямс, председатель научного консультативного комитета ассоциации EISCAT, член Национальной ассамблеи Уэльса, в 2010 г. – директор EISCAT Е. Турунен, проф. А. Брекке и д-р К. Кауристи). Учёные высоко оценили экспериментальные средства и результаты научных исследований, представленные сотрудниками Института ионосферы. В 2009 г. Ю. В. Черняк участвовал в работе 14-й Международной рабочей группы EISCAT (Норвегия). В сентябре 2010 г. зам. директора Института д.ф.-м.н., проф. В. А. Пуляев участвовал в заседании Научного наблюдательного совета ассоциации EISCAT (Санкт-Петербург), в которой Украину представляет Национальная академия наук.

Развиваются научные связи Института ионосферы с Институтом солнечно-земной физики СО РАН (г. Иркутск), Научно-исследовательским радиофизическим институтом (НИРФИ) (г. Нижний Новгород) и Институтом ионосферы Республики Казахстан (г. Алматы) и др., проводятся совместные эксперименты.

В 2006 г. совместно с учёными Львовского центра Института космических исследований НАНУ и НККАУ с помощью радара НР Института

ионосферы проведены работы по исследованию воздействия на ионосферу мощного акустического излучения.

С целью сопоставления результатов прямых спутниковых и дистанционных наземных ионосферных наблюдений Институт ионосферы сотрудничает с Институтом космических исследований НАН и НКА Украины. Выполняются совместные исследования динамических процессов в ионосфере и магнитосфере Земли.

С 2010 г. Институтом ионосферы и Харьковским университетом воздушных сил имени Ивана Кожедуба Министерства обороны Украины выполняется совместная научно-исследовательская работа, целью которой является анализ влияния динамики среды распространения радиоволн на качество функционирования радиотехнических систем.

Сотрудничество с Институтом ионосферы Республики Казахстан направлено на проведение исследований методом вертикального зондирования околоземной плазмы в различных геофизических условиях, а также эффектов в геокосмосе, сопровождающих старты ракет с различных космодромов мира.

В 2010 г. совместно с НИРФИ проведен цикл измерений по исследованию волновых процессов в ионосфере, вызванных мощным ВЧ радиоизлучением.

На базе Института ионосферы и кафедры космической радиофизики радиофизического факультета ХНУ имени В. Н. Каразина создана Межведомственная научно-исследовательская лаборатория радиофизических исследований атмосферы и геокосмоса. Это сделано с целью повышения эффективности совместных исследований атмосферы и геокосмоса.

Совместно с НТУ «ХПИ» создан Научно-учебный центр дистанционного радиозондирования ионосферы «ИОН», осуществляющий теоретические и экспериментальные исследования, направленные на совершенствование существующих радиофизических методов исследования геокосмоса.

Деятельность Института ионосферы тесно связана с учебным процессом и подготовкой специалистов на кафедре «Радиоэлектроника» НТУ «ХПИ». Участие в учебном процессе ведущих учёных Института ионосферы, использование уникального научно-исследовательского комплекса в г. Змиёве для студенческих практикумов и выполнение дипломных проектов по научной тематике Института позволили существенно повысить уровень подготовки выпускников кафедры.

Научная деятельность Института неоднократно поощрялась.

В 1989 г. премией Совета Министров СССР были отмечены В. И. Таран, Е. В. Рогожкин, Е. И. Григоренко, А. Н. Гридин и А. Н. Смирнов.

В. И. Таран – стипендиат именной стипендии К. Д. Синельникова (2001 г.).

В последнее время, начиная с 2006 г., получены следующие награды:

– премия Президента Украины для молодых учёных (В. П. Бурмака, М. В. Ляшенко, С. А. Пазюра, 2006 г. и А. В. Богомаз, Ю. В. Черняк, 2010 г.);

– знак отличия «За наукові досягнення» МОН Украины (И. Ф. Домнин,

2010 г.);

– почётная грамота НАНУ (В. А. Пуляев, Д. А. Дзюбанов, 2008 г.);

– почётная грамота МОНУ (В. А. Пуляев, Е. И. Григоренко, 2010 г.);

– грамота Президиума НАНУ (В. П. Бурмака, Д. В. Котов, М. В. Ляшенко, 2010 г.);

– стипендия Кабинета министров Украины (Д. В. Котов, Ю. В. Черняк);

– грамота Харьковского областного Совета (В. Н. Лысенко, В. А. Пуляев);

– диплом победителя ежегодного областного конкурса «Найкращий молодий науковець Харківщини» (М. В. Ляшенко, 2006 г., Ю. В. Черняк, 2007 г., Д. В. Котов, 2008 г., В. П. Бурмака, 2009 г.).

Результаты научных исследований Института апробируются практически на всех тематических конференциях, симпозиумах и семинарах, проводимых в СНГ, а также на многих международных форумах. Множество печатных трудов сотрудников Института представлено в отечественных и зарубежных научных изданиях. Институтом ионосферы ежегодно издаётся специализированный выпуск Вестника НТУ «ХПИ» по направлению «Радиофизика и ионосфера», где всесторонне освещаются вопросы, связанные с тематикой работы Института ионосферы и других научных организаций, которые занимаются разработкой радиофизических методов исследования геокосмоса и радиотехнических систем, синтезом и обработкой радиосигналов, получением и анализом геофизической информации. В Вестнике публикуются учёные, специалисты, а также аспиранты, магистры и студенты.

Ведущая роль Института ионосферы в исследовании геокосмоса предоставила возможность с 6 по 9 апреля 2010 г. совместно с НТУ «ХПИ» провести конференцию молодых учёных «Дистанционное радиозондирование ионосферы (ИОН-2010)». Тематика конференции включала следующие научные направления: 1. Радиотехнические средства и методы; 2. Обработка и представление сигналов; 3. Ионосферная информатика; 4. Физика ионосферы и моделирование процессов. Было представлено 17 докладов от молодых учёных Института ионосферы и 24 доклада от внешних организаций (в том числе, 8 зарубежных).

В настоящее время Институт ионосферы успешно проводит исследования геокосмоса в спокойных гелиогеофизических условиях, а также во время уникальных событий в околоземной среде – геокосмических бурь, солнечных затмений и др. Проводятся работы по исследованию волновых процессов в плазме от источников естественного и искусственного происхождения, развитию региональной модели ионосферы по данным харьковского радара НР. Свои работы Институт ионосферы координирует с зарубежными научными организациями, которые активно ведут ионосферные исследования, и принимает участие в создании международной базы данных радаров НР.

## ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ГЕОКОСМОСА

О. В. Лазоренко<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

*Oleg-Lazorenko@yandex.ru*

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

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

Воздействие мощных источников энерговыделения на околоземную космическую среду в большинстве случаев приводит к возникновению целого комплекса физических процессов, многие из которых являются нестационарными, нелинейными, кратковременными, сверхширокополосными, а также имеют мультифрактальную структуру. При анализе и обработке соответствующих сигналов традиционные методы, основанные на различных модификациях преобразования Фурье, оказываются малоэффективными. По этой причине применение фрактального анализа при исследовании таких сигналов оказывается перспективным и актуальным.

Целью работы является демонстрация возможностей современных методов фрактального анализа при обработке сигналов, полученных в различных методах дистанционного радиозондирования геокосмоса.

Известно, что фрактал как объект, обладающий свойством самоподобия (а в общем случае – самоаффинности), может быть описан с помощью дробной фрактальной размерности. Здесь под фрактальной размерностью понимается размерность Минковского, называемая также объёмной размерностью. Она в большинстве случаев совпадает с широко используемой математиками размерностью Хаусдорфа, но не всегда. Так для счётных множеств, к которым принадлежат и интересующие нас экспериментально наблюдаемые сигналы и процессы, размерность Хаусдорфа всегда равна нулю.

Одним из наиболее эффективных современных методов фрактального анализа сигналов является метод, основанный на использовании непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) и известный в литературе как метод *wavelet transform modulus maxima* (WTMM). Он позволяет с помощью анализа линий локальных максимумов НВП (скелетона) построить спектр особенностей сигнала, глобальную функцию разбиения и на их основе оценить точечные значения гладкости Липшица и фрактальной размерности для монофрактальных сигналов или интервальные значения этих характеристик для мультифрактальных сигналов.

Возможности метода WTMM продемонстрированы на примерах изучения сигналов и процессов, регистрируемых различными методами дистанционного радиозондирования геокосмоса и связанных с воздействием на околоземное космическое пространство мощных нестационарных источников энерговыделения.

## МАГНИТО-ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА

Л. Ф. Черногор

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина

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

Цель доклада – анализ результатов комплексных наблюдений и теоретических исследований эффектов в ионосфере и геомагнитном поле, вызванных движением солнечного терминатора (СТ). Для наблюдений использовались магнитометрический метод, методы частичных отражений, доплеровского зондирования, вертикального зондирования, некогерентного рассеяния и др. [1–4].

Движение СТ, сопровождаемое значительным изменением внутренней энергии  $\Delta E$  в переходной области атмосферы, генерирует аperiodические и квазипериодические возмущения параметров атмосферы, ионосферы и геомагнитного поля, активизирует взаимодействия подсистем в системе Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера. Энергетика СТ – значительна. Например, в термосфере  $\Delta E \sim 10^{13}$  Дж. Ей соответствует мощность  $\sim 10^{11}$  Вт. В энергию волновых возмущений (ВВ) переходит  $\sim 10^{-3}$  кинетической энергии газа, движущегося синхронно с СТ со скоростью, близкой к скорости звука.

Движение терминатора приводит к генерации ВВ с периодами  $T \approx 5\text{--}180$  мин и относительной амплитудой возмущений концентрации электронов  $\delta_N \approx 0,01\text{--}0,10$  (реже  $\delta_N \approx 0,20\text{--}0,40$ ). В F-области ионосферы обычно преобладают ВВ с  $T \approx 30\text{--}80$  мин. Продолжительность реакции ионосферы на движение терминатора составляет 2–4 ч, а геомагнитного поля – около 1 ч. Амплитуды ВВ геомагнитного поля не превышали 3–5 нТл, а их периоды – 10–15 мин.

Изучены особенности эффектов, вызванных магнитосопряжённым терминатором. Установлено, что возмущения при этом переносятся при помощи МГД волн со скоростью 5–20 км/с.

Проведено моделирование основных физико-химических процессов, вызванных движением СТ. Показано, что результаты моделирования соответствуют результатам наблюдений.

**Литература:** 1. Бурмака В.П., Костров Л.С., Черногор Л.Ф. Статистические характеристики сигналов доплеровского ВЧ радара при зондировании средней ионосферы, возмущенной стартами ракет и солнечным терминатором // Радиофизика и радиоастрономия. – 2003. – Т. 8, №2. – С. 143–162. 2. Burmaka V.P., Taran V.I., Chernogor L.F. Wave-Like Processes in the Ionosphere under Quiet and Disturbed Conditions // Geomagnetism and Aeronomy. – 2006. – V. 46, No. 2. – Pp. 183–208. 3. Черногор Л.Ф., Шамота М.А. Геомагнитные пульсации вблизи г. Харькова, сопутствовавшие прохождению солнечного терминатора. // Космічна наука і технологія. – 2009. – Т. 15, № 5. – С. 43–51; Т. 15, № 6. – С. 14–19. 4. Черногор Л.Ф. Радиофизические и геомагнитные эффекты стартов ракет: Монография. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009. – 386 с.

**ГЕОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АНТАРКТИКЕ НА  
СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»**

Ю. М. Ямпольский

Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина

*yampol@rian.kharkov.ua*

Исследование околоземного космического пространства в настоящее время является одной из актуальных проблем, стоящих перед международным научным сообществом. По меньшей мере, два обстоятельства стимулируют растущий интерес к изучению динамических свойств и возможности прогнозирования состояния геокосмоса. Во-первых, в этой части межпланетного пространства происходит энергетическое взаимодействие корпускулярных и радиационных потоков от Солнца с атмосферой и магнитным полем нашей планеты. Атмосферу Земли можно уподобить гигантской природной плазменной «лаборатории - спектрометра». На разных высотах происходит поглощение энергии соответствующих участков спектра солнечных эмиссий, вызывающих ионизацию тех или иных нейтральных газовых составляющих. Магнитосфера Земли играет «бронирующую» роль, защищая биосферу от губительных потоков заряженных частиц солнечного ветра. Исследования процессов, происходящих в геокосмосе, представляют важнейший раздел солнечно-земной физики, позволяющий глубже понять фундаментальные аспекты образования и существования жизни во Вселенной.

Во-вторых, в этой среде работает большое количество современных спутниковых систем, обеспечивающих потребности человечества услугами глобальной связи, навигации, прогнозом погоды, безопасного судоходства, экологического мониторинга и др. На околоземных орбитах испытываются методы создания новых материалов и устройств, а также отрабатываются перспективные технологии получения и транспорта экологически чистой энергии на Землю. Дальнейшее создание новых и практическое использование спутниковых систем невозможно без совершенствования методов диагностики плазменного окружения, в котором работают космические аппараты.

Важнейшую роль в изучении геокосмоса играют дистанционные радиофизические методы диагностики плазменных и полевых характеристик околоземного окружения. Особенно перспективными являются исследования, проводимые в высоких широтах, где наиболее сильно проявляются эффекты солнечно-земного взаимодействия. Такие исследования выполняются в Антарктиде на украинской станции «Академик Вернадский», в 1996 г. переданной Украине Великобританией. В докладе будут изложены основные результаты геокосмических исследований, выполненных в рамках Государственной программы исследований Украины в Антарктике (2002–2010 гг.), а также будут представлены основные задачи по этому направлению, сформулированные в новой Госпрограмме на 2011–2020 годы.

## КОДИРОВАНИЕ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИОНОСФЕРЫ МЕТОДОМ НР

Е. В. Рогожкин

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

*rogjkiner@ukr.net*

При некогерентном рассеянии ионосферную информацию находят, анализируя или спектр, или автокорреляционную функцию сигнала НР. Корреляционная обработка сигнала интересна тем, что она даёт возможность использовать кодирование элементов зондирующих сигналов, применяя либо фазовую ( $0, \pi$ ), либо амплитудно-частотную ( $0, 1$ ) манипуляцию, либо и то и другое вместе [1,2].

Если используется амплитудно-частотная манипуляция, то элемент со значением «0» означает приём на рабочей частоте  $f_0$  при излучении на сдвинутой частоте  $f_0 + \Delta f$ ; значению элемента «1» соответствует излучение и приём на одной частоте. При использовании соответствующей пары каналов радиоприёмного устройства достигается высокая эффективность использования энергетике радиопередающего устройства. Такой же эффект достигается, если изменять направление вращения плоскости поляризации.

Кодирование при излучении и соответствующее декодирование позволяют увеличивать эффективность обработки и улучшать высотное разрешение. Это достигается тем, что при ФМ зондирующему сигналу придаются определённые корреляционные свойства, которые затем проявляются в корреляционных свойствах сигнала НР. Установлено, что положительный эффект достигается только при использовании серии из  $l$  сигналов, которые отличаются законами кодирования. Такую серию удобно отразить матрицей ( $l \times n$ ), элементы которой принимают значения  $\pm 1$ , а столбец описывает закон кодирования. При заданном количестве  $n$  элементов кода их значения и количество столбцов находят из системы уравнений, которыми задают свойства матрицы. Например, подавление вкладов смежных участков дальности в АКФ разрешаемого, подавление АКФ аддитивного шума. К примеру, подавление аддитивного шума достигается в том случае, когда итоговая АКФ матрицы принимает «кнопочный» вид. При АМ матрицу формируют из условия получения высотного разрешения, соответствующего длительности элемента.

**Литература:** 1. *Е.В. Рогожкин* Кодирование элементов составного сигнала при НР // Вестн. ХПИ. Исследование ионосферы методом НР.- Харьков: ХГУ. – 1988. – № 259. – С. 19–26 2. *Е.В. Рогожкин, В.А. Пуляев, В.Н. Лысенко* Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 256 с.

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

*12 – 15 апреля 2011 г.*

*г. Харьков, Украина*

## СЕКЦИЯ 1

---

# РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ

---

## ПРИСТРІЙ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ЗАТРИМОК

В. С. Вовк, О. М. Ковальчук, Є. С. Козирев, М. І. Халолей, О. В. Шульга

НДІ МАО, Миколаїв, Україна

*crazyevklid@gmail.com*

Високоточне вимірювання абсолютних моментів часу та затримок є одними з найдоступніших високоточних шляхів непрямого вимірювання характеристик багатьох фізичних процесів, які мають імпульсний або періодичний характер. До таких процесів можна віднести визначення абсолютної відстані до об'єкту за рахунок вимірювання проміжку часу, між випромінюванням та прийомом відбитого від об'єкта імпульсних сигналів. У НДІ МАО розроблено пристрій, який забезпечує високоточне визначення абсолютних моментів прийомів імпульсів з прив'язкою до всесвітньої шкали часу.

У пристрої прив'язка до всесвітньої шкали часу забезпечується GPS приймачем Resolution-T з похибкою  $\pm 20$  нс. У даному пристрої, для наповнення лічильників основною частотою, використано генератор КХО-97 на 100 МГц. Двоканальний лічильник реалізовано на мікросхемах 74AC161 з максимальною швидкодією 125 МГц, який забезпечує підрахунок імпульсів основної частоти:

– перший канал, визначає часову затримку між стандартним секундним сигналом GPS приймача Resolution T і вимірюваним сигналом (вимірювальний канал);

– другий канал, визначає часову затримку між двома послідовними стандартними секундним сигналом GPS приймача Resolution T (калібрувальний канал).

Обидва лічильники відкриваються імпульсом з GPS приймача, який є стандартним і відносно нього визначаються часові затримки. У першому випадку відлік стартує секундним імпульсом приймача, а зупиняється імпульсом, який підводить користувач. У другому наборі лічильників відлік імпульсів стартує і зупиняється секундним імпульсом GPS приймача.

Для ефективного управління роботою лічильників і передачі даних використано мікроконтролер (МК) PIC16F877. Інформація з лічильників збирається через мультиплексори в МК і далі передається у персональний комп'ютер. Дані передаються через шину USB.

Проводились дослідження систематичних поправок та відносних похибок пристрою. Канал калібрування має середньоквадратичне відхилення  $\sigma = 1,31$  імпульсу генератора основної частоти, що складає приблизно 13 нс. Дослідження вимірювального каналу проводилось за допомоги рубідієвого стандарту часу та частоти. В результаті отримано систематичне відхилення рубідієвого стандарту в 2,5 мкс за добу з похибкою в 192 нс, що відповідає технічним умовам роботи рубідієвого стандарту.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИОНОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ «БАЗИС» ВЕРТИКАЛЬНОГО И НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРЫ

А. А. Кононенко, Л. Я. Емельянов

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*ioon@kpi.kharkov.ua*

В Институте ионосферы используется автоматическая ионосферная станция «Базис», которая находится вблизи г. Харькова (49,6° с.ш., 36,3° в.д.) и позволяет проводить вертикальное, наклонное и трансionoсферное импульсное зондирование.

Её основные технические характеристики:

- диапазон рабочих частот в режиме вертикального зондирования 1–20 МГц;
- закон изменения частот – линейно возрастающий с одним из дискретных шагов в интервале 1–100 кГц;
- количество рабочих частот – 400;
- разрешающая способность по высоте – 3 км;
- частота повторения импульсов – 100 Гц;
- длительность импульса – 100 мкс;
- импульсная мощность передатчика не менее 15 кВт;
- антенны – ромбические с вертикальным излучением: приёмная и передающая антенны идентичны и расположены ортогонально;
- отображение информации – на электрохимической бумаге и в цифровом виде с возможностью сохранения данных на жёстком диске персонального компьютера

В данной работе приводятся результаты экспериментальной проверки сравнения данных ионограмм станции «Базис», полученных в цифровом виде [1], с ионограммами [2] дигизонда в Прухонице (Чехия, 50,0° с.ш., 14,6° в.д.), расположенного на близкой широте с харьковской станцией. Эти результаты показали, что при спокойном состоянии ионосферы ионограммы находятся в хорошем согласии при учёте разницы местного времени, которая составляет приблизительно 1 ч.

Таким образом, данная станция позволяет эффективно вести мониторинг за динамикой ионосферных процессов.

**Литература:** 1. *Барабаш В.В., Скляр И.Б.* Станция вертикального зондирования института ионосферы // Вестник НТУ «ХПИ». – 2010. – №23. – С.7–12. 2. *Pruhonic / Digisonde-4D / Czech Republic.* – <http://147.231.47.3>. – 14.02.2011.

## ВЫБОР РАЗРЯДНОСТИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

А. С. Коптяева<sup>1</sup>, В. А. Пуляев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

<sup>2</sup>Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*koptyaeva@mail.ru*

В докладе рассматриваются ошибки, возникающие при аналого-цифровом преобразовании сигнала некогерентного рассеяния (НР), зависящие от количества разрядов АЦП и частоты квантования сигналов на выходе радиоприёмного устройства радиолокатора. При этом обращается внимание, что главной особенностью характера этого сигнала является то, что распределение его мощности вдоль развертки дальности  $h_i$  (вдоль высоты) меняется в очень большом диапазоне, поэтому отношение сигнал/шум при движении луча от максимума ионизации к верхним ионосферным диапазонам может изменяться от  $q = 100$  до  $q = 0,01$ .

В докладе акцентируется тот факт, что подобное обстоятельство, когда уровень сигнала не попадает в динамический диапазон устройства АЦП, требует выбора максимально большого количества уровней квантования. Однако облегчает ситуацию тот факт, что сигнал НР представляет собой случайную функцию времени, и для его обработки в дальнейшем будут использованы статистические методы анализа.

В докладе ставится ударение на то, что именно такой статистический подход даёт возможность сокращения количества разрядов цифрового преобразования этого сигнала без значительной потери точности его последующего представления. Как результат – резко сокращается объём информации, которая должна быть обработана в корреляционной системе, а значит – упрощается её структура и появляется возможность расчётов параметров ионосферной плазмы в реальном масштабе времени.

**Литература:** 1. *Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н.* Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния. Монография. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – 256 с. 2. *Гершинский Б.С.* Справочник по расчету электронных схем. – Киев: Высшая школа, 1983. – 240 с. 3. *Гитис Э.И., Пискунов Е.А.* Аналого–цифровые преобразователи. Учебное пособие для Вузов. – Москва: Энергоатомиздат, 1981. – 360 с.

**АНАЛИЗ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ  
НАСТРОЙКИ НА КРУГОВУЮ  
ПОЛЯРИЗАЦИЮ И ИЗМЕРЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ**

А. И. Лялюк, Я. Н. Чепурной

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*lyalyuk\_family@inbox.ru*

В докладе рассматриваются две системы контроля настройки поляризационных характеристик зеркальных антенн [1] комплекса НР. Обе системы были установлены и испытаны на полноповоротной однозеркальной антенне с диаметром зеркала 25 м (ППА-25).

Необходимость точной настройки на круговую поляризацию антенн комплекса НР вызвана требованиями излучения и приёма сигналов с заданными поляризационными характеристиками, а также необходимостью устранения влияния эффекта Фарадея, выражающегося в модуляции полученного высотного профиля мощности сигнала НР. В [2] рассмотрены системы настройки на круговую поляризацию, главным отличием которых являлось устройство сложения сигналов, полученных с помощью двух измерительных антенн, каждая из которой представляла собой элементарный диполь.

В данной работе рассматриваются результаты дальнейшей оптимизации составляющих системы контроля, а именно измерительных антенн. С целью улучшения характеристик двух систем, рассмотрена также возможность введения в цепь контроля сумматора, выполненного на четвертьволновых отрезках линий [3].

Выполнено моделирование систем контроля с помощью программы CST MicroWaveStudio 5.0. Изготовлены две измерительные антенны и определены их характеристики. В ходе испытаний, проведенных на радиолокационной аппаратуре Института ионосферы, система контроля, с модернизированными измерительными антеннами и делителем мощности, показала более точную настройку на круговую поляризацию. Проведенное моделирование показало достоинства и недостатки используемого подхода, что было выявлено в ходе ионосферных измерений в октябре-декабре 2010 года, которые проводились при работе ППА-25 в режиме круговой поляризации.

**Литература:** 1. *Нарбут В.П., Хмель В.Ф.* Поляризационные характеристики зеркальных антенн. – Киев: «Вища школа». – 1978. – 280 с. 2. *Лялюк А.И., Чепурной Я.Н., Черняев С.В.* Методы настройки и текущего контроля поляризационных характеристик зеркальных антенн. // Дистанционное радиозондирование ионосферы. Сборник тезисов. – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2010. – С.20. 3. *Сазонов Д.М.* Антенны и устройства СВЧ. – Москва: «Вища школа». –1988. – 430 с.

## РАЗРАБОТКА СХЕМЫ КОНТРОЛЯ И РЕЗЕРВИРОВАНИЯ БЛОКОВ ПИТАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ АППАРАТУРЫ

Н. А. Пидручная<sup>1</sup>, В. А. Пуляев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

<sup>2</sup>Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*natasha.harkov@gmail.com*

В докладе рассматривается пример разработки схемы контроля уровня питающих напряжений, поступающих на специализированное устройство (вычислитель) радара некогерентного рассеяния. При этом анализируются вопросы резервирования блоков питания и их автоматического переключения в случае аварийного выхода из строя.

Показано, что работоспособность радиоэлектронной аппаратуры во многом зависит от исправности источников питания. Если же происходит обработка шумоподобных сигналов, по которым затруднительно в реальном времени, без статистического накопления данных, оценивать правильность расчётов и выносить решение о безаварийной работе в текущий момент питающих устройств, то в этом случае задача повышения надёжности питающих напряжений является достаточно актуальной.

В докладе указывается, что решение задачи контроля возможно в случае использования нагруженного (горячего) резервирования источников питания по отношению к наиболее ответственным участкам электрических цепей. В этом случае, если происходит выход из строя какого-либо из блоков питания, с помощью контактов реле должно быть предусмотрено переключение цепей на питание от резервного блока, который находится в том же режиме работы.

Достоинствами нагруженного способа резервирования являются а) простота осуществления и б) кратковременные (миллисекунды) перерывы в работе, что при использовании логических схем в минимальной мере сказывается на общем результате накопления данных.

Для реализации такого контроля блоков питания предлагается электронная схема на базе цифровых интегральных элементов, с помощью которой производится анализ на отклонение значений каждого из питающих напряжений. Предусмотрена световая и звуковая индикация режимов работы.

**Литература:** 1. *Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н.* Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния. Монография. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – 256 с. 2. *Шимонок Н.А., Репкин В.Ф., Барвинский Л.Л.* Основы теории надёжности и эксплуатации радиоэлектронной техники. – М.: «Сов. радио», 1964. – 551 с. 3. Промышленная электроника. – <http://www.radiomaster.net>. – 22.03.2011. 4. *Тарабрин Б.В.* Интегральные микросхемы: справочник. – М.: «Радио и связь». – 1983. – 528 с.

## УЧЁТ ИСКАЖЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЭФФЕКТОМ ИМПУЛЬСНОГО СГЛАЖИВАНИЯ СИГНАЛА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

Д. А. Слинько<sup>1</sup>, В. А. Пуляев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

<sup>2</sup>Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*slinko@mail.ru*

В докладе рассматриваются искажения, связанные с эффектом импульсного сглаживания данных. Это сглаживание вызывается тем, что в результате действия длинного зондирующего импульса при приёме происходит усреднение информации, относящейся к высотному интервалу, соизмеримому с его длительностью, что и приводит к неправильной интерпретации результатов.

Демонстрируются примеры моделирования высотных профилей мощности сигнала рассеяния, которые получены для случая истинного распределения концентрации электронов. Также приводятся сглаженные профили мощности, представляющие собой отклик ионосферы на её импульсное зондирование, т.е. при использовании излучаемого радаром сигнала продолжительной, но конечной длительности.

Расчёты показывают, что имеется возможность обратного преобразования сглаженного профиля в истинный. Для этого необходимо в АЦП период дискретизации  $\tau_q$  установить таким, чтобы по отношению к длительности зондирующего импульса  $T_n$  строго соблюдалась кратность этой величины, т.е.  $T_n = n\tau_q$ , где  $n$  – целое число. При таких условиях можно использовать математические зависимости, которые связывают информацию об искомом и сглаженном профилях. Качество преобразования при этом зависит от величин статистических разбросов, присутствующих на исходных данных.

**Литература:** 1. Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н. Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом НР. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – 256 с. 2. Пуляев В.А., Дзюбанов Д.А., Домнин И.Ф. Определение параметров ионосферы методом НР. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 240 с. 3. Пуляев В.А. Влияние и учёт аппаратурных факторов на выбор обработки сигнала НР / Вестник НТУ «ХПИ»: Ионосфера. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 31. – С. 87–89. 4. Пуляев В.А., Кондратьева А.В., Герштейн Л.Я. Определение высотного профиля мощности НР сигнала для нижней ионосферы / Вестн. ХПИ. – Харьков: ХГУ, 1986. – № 234, Вып. 4. – С. 34–37.

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ВАХ ЗОНДОВЫХ ДАТЧИКОВ

С. Т. Тибаев, В. П. Нокель, Ю. С. Ямпольский

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина

*TST482@mail.ru*

В докладе рассматривается метод обработки ВАХ, который исключает действие ионного тока на результаты измерений параметров плазмы – электронной температуры и концентрации, которые являются базовыми в устройствах управления плазменными экспериментами.

Методы обработки зондовых характеристик предусматривают анализ ВАХ на всем участке, включая максимальное значение анализирующего сигнала. Погрешность конечного результата обработки, с целью получения параметров плазмы, напрямую зависит от погрешности измерений собственно ВАХ [1]. Следовательно, распределение опросных точек на ВАХ должно быть таким, чтоб опрашивались наиболее информативные участки характеристики. При современных методах исследования обычно применяется линейная развёртка, что ведёт к распределению указанных точек на не информативные участки характеристики. Отсюда вытекает, что форма анализирующего напряжения должна адаптироваться под измеряемую ВАХ, которая априори неизвестна [2].

При обычном методе опроса (с линейной развёрткой), с математической точки зрения используется разбиение на равномерные участки соответственно с интегралом Ньютона по оси напряжений. Выход из данной ситуации возможен при разбиении опросных точек по оси токов. Этот способ позволяет перераспределить опросные точки на более крутые участки характеристики.

Разработанный метод анализа ВАХ повышает одновременно точность и информативность зондовых характеристик, индифферентных к изменению ионного тока, вносящего существенный вклад в погрешность измерения. Создана система опроса, которая автоматически регулирует анализирующий сигнал «приспосабливая» его к характеру изменения тока датчика. Указанная измерительная система функционирует с ВАХ датчиков любого типа.

**Литература:** 1. Козлов О.В. Электрический зонд в плазме. – М.: Атомиздат, 1969. – 289с. 2. Манагадзе Г.Г., Нокель В.П., Гдалевич Г.Л. Анализ вычислительных алгоритмов для определения электронной температуры и концентрации плазмы в методе симметричного двойного цилиндрического зонда Ленгмюра // Препринт ИКИ АН СССР. – М., 1989. – № 1581. – С. 1–13.

**МНОГОЛУЧЕВЫЕ РИОМЕТРЫ В КАЧЕСТВЕ ПРИЁМНЫХ  
УСТРОЙСТВ ЗОНДИРОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЫ**

О. В. Чаркина, В. Г. Безродный, Ю. М. Ямпольский

Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина

*charkina@rian.kharkov.ua*

Исследована возможность использования современных риометрических ВЧ комплексов, применяющихся в мировой практике с целью изучения пространственно-временной картины поглощения галактического фона в нижней ионосфере для проведения регулярных наблюдений ионосферных мерцаний дискретных космических источников (ДКИ). Изучение эффектов мерцаний ДКИ выполнено на частоте 38,2 МГц с использованием данных высокоширотного панорамного ВЧ риометра, расположенного на обсерватории Poker Flat, Аляска ( $65,1^\circ$  с.ш.,  $147,5^\circ$  з.д.). По ретроспективным данным наблюдений на этом инструменте проиллюстрирована возможность надёжной одновременной регистрации мерцаний трёх наиболее мощных ДКИ северного полушария (Кассиопеи А, Лебедя А и Девы А). Разработаны алгоритм обработки первичных данных наблюдений и методика восстановления пространственных спектров и расчёта индексов мерцаний для спокойных ионосферных условий и для случаев сильной турбулизации ионосферы

## СЕКЦИЯ 2

---

### ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ

---

## НОВЫЙ АЛГОРИТМ СВЁРТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ НР на ИРНР

С. С. Алсаткин, А. Л. Воронов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

*alss@iszf.irk.ru, raven@iszf.irk.ru*

Развитие методов радиофизической диагностики среды выдвигает новые требования к существующей экспериментальной технике. Необходимость развивать диагностические возможности существующих крупных установок (таких как радары НР) с целью наиболее полного использования их потенциальных возможностей является актуальной научной задачей. Основным средством дальнейшего развития метода НР и расширения диагностических возможностей отдельных радаров в мировой практике считается путь глубокой модернизации существующих установок с использованием современных цифровых систем формирования сигналов, управления, обработки данных и отображения информации. Регистрация больших объёмов первичной информации требует применения мощных вычислительных средств и совершенных алгоритмов обработки сигналов. Одной из основных операций в процессе первичной обработки данных зондирования является процедура свёртки.

Прямой метод вычисления свёртки требует больших вычислительных затрат  $\sim n \cdot l$ , где  $\sim n$  размерность одного массива данных, а  $\sim l$  – размерность соответственно другого. При обработке больших массивов данных большая часть времени и ресурсов тратится именно на вычисления свёрток. В большинстве случаев для существенного их сокращения применяют быстрые алгоритмы, наиболее распространенным из которых является БПФ. Достоинство данного алгоритма в простоте, но существует и недостаток. Рассмотрим две последовательности записанных в виде многочленов:

$P(x) = \sum_{i=0}^{n-1} p_i \cdot x^i$ ,  $S(x) = \sum_{i=0}^{n-1} s_i \cdot x^i$ . При использовании БПФ в вычислении свёртки

двух последовательностей длины  $n$  получается последовательность той же длины, в то время как длина должна составлять  $2 \cdot n - 2$ . Таким образом, число элементов в последовательностях нужно расширить до значения  $m$ , являющегося степенью 2 и  $m > 2 \cdot n - 2$ . Второй недостаток ухудшение точности при больших  $n$ , вследствие использования трансцендентных функций  $\sin$  и  $\cos$ .

В данной работе предлагается новый алгоритм свёртки, основанный на двух модифицированных алгоритмах: Карацубы и Винограда, решённых недостатков БПФ, с одной стороны и с другой стороны позволяющий до определенной размерности данных, иметь над ним выигрыш, достигающий нескольких раз.

**МАТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ НЕКОГЕРЕНТНО  
РАССЕЯННОГО СИГНАЛА**

**Д. П. Белозёров, Т. А. Скворцов**

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*belozerov\_dp@mail.ru*

Для контроля функционирования исследовательского комплекса некогерентного рассеяния, а также для проверки эффективности алгоритмов обработки ионосферных данных существует необходимость в имитации рассеянного сигнала от ионосферной среды.

Можно ожидать, что имитатор будет удовлетворять нужным требованиям, если в основу представления сигнала на входе приёмника положить его матричную модель виде произведения матриц [1]

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A} \times \mathbf{U}. \quad (1)$$

Здесь  $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – вектор-строка, описывающая комплексную огибающую излучаемого радиоимпульса в дискретном времени. Элементы матрицы  $\mathbf{U} = \{U_k(t_m)\}$  описывают мгновенные значения комплексного коэффициента отражения (КО) для  $k$  – го слоя ионосферы, расположенного на данной высоте. Модель (1) позволяет несложным образом учесть наличие пассивных помех, если матрицу КО представить в виде

$$\mathbf{U} = \mathbf{U}_S + \mathbf{U}_N,$$

где  $\mathbf{U}_S$  – матрица КО ионосферы, а матрица  $\mathbf{U}_N$  – описывает помеху.

При разработке модели главной и специфической задачей для радара некогерентного рассеяния является задача моделирования матрицы КО ионосферы  $\mathbf{U}_S$ . Каждая диагональ матрицы описывает временные изменения КО на данной высоте. Эти изменения представляют собой нормальный процесс, который в пределах длительности стандартного сеанса измерений можно считать стационарным. Процессы, описывающие КО для разных высот, разнесенных на величину значительно большую дебаевского радиуса экранирования являются взаимно некоррелированными.

Таким образом, ключевой задачей при разработке имитатора является моделирование скалярного стационарного нормального процесса, у которого спектр или автокорреляционная функция совпадает со спектром изменений во времени КО ионосферы для данной высоты. Эта задача может быть решена путём использования канонических спектральных разложений случайного процесса либо с использованием рекурсивных фильтров [2].

**Литература:** 1. Белозьоров Д.П., Рогожкин Є.В., Скворцов Т.О., Фисун А.В. Спосіб імітації некогерентно розсіяного іоносферою сигналу // Висновок № 4765/ЗУ/10 від 13.12.10 про видачу деклараційного патенту на корисну модель за № U201009678 за результатами формальної експертизи. 2. Бакалов В.П. Цифровое моделирование случайных процессов. – М.: Сайнс-пресс. – 2002. – 88 с.

## ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОГЕРЕНТНО РАССЕЯННОГО СИГНАЛА

А. В. Богомаз, В. А. Пуляев

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*albom85@yandex.ru*

При моделировании процедуры решения обратной задачи рассеяния возникает необходимость учёта наличия шумов, которые в реальных условиях всегда присутствуют в принимаемом радаром некогерентного рассеяния (НР) сигнале. Для такого учёта необходимо иметь статистические характеристики сигнала, представляющего смесь сигнала НР и шума с заданным значением отношения сигнал/шум  $q = P_c/P_{ш}$ , которое является объективным показателем уровня шума в принимаемом сигнале. Здесь  $P_c$  – мощность сигнала НР,  $P_{ш}$  – мощность шума.

Способ [1] позволяет получить смесь шумоподобного сигнала и шумоподобной помехи с заданными спектрами и необходимым значением отношения сигнал/помеха. Автокорреляционные функции (АКФ) синтезированной с помощью этого способа смеси сигнала НР и шума при различном отношении сигнал/шум были использованы для оценки статистических погрешностей, которые возникают вследствие случайного характера сигнала НР и помехи.

Моделирование проводилось согласно следующему алгоритму. Производилось накопление АКФ смеси сигнала НР и шума (число АКФ соответствовало времени накопления 1 и 15 мин). Далее из суммарной АКФ вычиталась накопленная за такое же время АКФ шума. Сравнение результирующей АКФ с исходной АКФ сигнала НР заключалось в вычислении среднеквадратической погрешности по 18 точкам. Моделирование производилось для значений отношения сигнал/шум 10, 1, 0,1 и различных значений параметров ионосферной плазмы – относительного содержания ионов атомарного кислорода и водорода, а также температур ионов и электронов.

Результаты моделирования показали, что величина погрешностей при минутном накоплении находится в пределах 0,008–0,026, а при 15-минутном – в пределах 0,003–0,009.

**Литература:** 1. Пуляев В.О., Богомаз О.В., Котов Д.В. Спосіб імітації суміші шумоподібного сигналу та завади із заданими спектрами // Патент України на корисну модель UA № 42311. Опубліковано 25.06.2009 в бюл. № 12/2009.

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ МОЩНОСТИ НЕКОГЕРЕНТНО РАССЕЯННОГО СИГНАЛА**

**А. В. Богомаз<sup>1,2</sup>, Д. В. Котов<sup>1,2</sup>, Е. И. Ярков<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

*albom85@yandex.ru*

Экспериментально полученные профили мощности сигнала некогерентного рассеяния (НР) нуждаются в коррекции. Искажения связаны с применением зондирующего импульса большой длительности.

Восстановление профиля мощности сигнала НР предлагается производить по следующему алгоритму. Задавая различные исходные профили и подвергая их преобразованиям, которые учитывают огибающую импульса и характеристики радиоприёмного тракта радара, добиваются наименьшего расхождения результирующего и экспериментального профилей. Соответствующий исходный профиль принимается за истинный.

Вследствие недостаточного числа точек исходного профиля и наличия статистического разброса значений мощности при восстановлении профиля целесообразно проводить аппроксимацию как экспериментальных профилей, так и заданных (в виде набора дискретных значений) исходных профилей гладкими функциями. Наиболее подходящими для этой цели являются неоднородные В-сплайны третьей степени. Так как эти сплайны являются параметрической функцией, параметр которой связан с выходными значениями нелинейной зависимостью, для получения равномерного шага по высоте необходимо либо многократное вычисление уравнения третьей степени с проверкой на вхождение его корней в заданный интервал (что является ресурсоёмкой задачей), либо применение дополнительной линейной интерполяции.

Кроме того, время выполнения описанной процедуры подбора профиля сильно зависит как от числа точек, участвующих в восстановлении профиля, так и от количества степеней свободы каждой точки, определяющего возможное изменение мощности на каждом высотном участке. Поэтому важной задачей является определение области, в которой целесообразно задавать исходные профили.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ ПО СИГНАЛАМ FM СТАНЦИЙ В НИИ НАО**

А. П. Сливинский, А. В. Шульга, Ф. И. Бушуев, Н. А. Калюжный,

Е. С. Козырев, В. С. Вовк

НИИ НАО, Николаев, Украина

*crazyevklid@gmail.com*

Наблюдение метеоров в радиодиапазоне является идеальной методикой круглосуточной регистрации метеорных явлений. Применение данной методики не требует наличия дорогостоящего передающего оборудования, что позволяет реализовать большое число пунктов наблюдения метеоров. В НИИ НАО в 2010 году была реализована приёмно-регистрирующая установка для наблюдения отражений сигналов FM радиовещательных станций от метеорных следов. Эксперимент проводился методом пассивного приёма радиосигналов загоризонтных FM радиостанций, сигнал от которых, невозможно принять по прямой линии.

Передающий пункт был выбран исходя из соображений оптимальной дальности радиотрассы, максимально большой мощности передатчика и наличия свободного от местных помех частотного окна в г. Николаеве. Выбрана радиостанция в Кельце, находящаяся на расстоянии в 1000 км и имеющая следующие параметры: мощность – 120 кВт, рабочая частота – 88,2 МГц. Приёмная антенна, в Николаеве, установлена на высоте 15 м и представляет собой горизонтально поляризованную направленную 6-ти элементную УКВ антенну типа «волновой канал» с усилением 13 дБ. В качестве приёмного устройства использовался FM/TV тюнер типа COMPRO установленный в компьютер с тактовой частотой процессора 2 ГГц. Регистрация данных в компьютере производилась с использованием программы SpectrumLab, представляющая собой спектроанализатор с полосой 1 Гц – 5 кГц, реализующий быстрое дискретное преобразование Фурье.

Проведены наблюдения в течении шести месяцев, общий объём полученных 43200 фрагментов составил 8,6 Гбайт. Обработка наблюдений показала уверенную регистрацию постоянных и эпизодических метеороидных потоков. Также выявлено наличие тропосферных помех на уровне 15–25 % от общего времени наблюдений.

Результаты обработки, полученные в НИИ НАО, достаточно хорошо согласуются с данными IMO, полученными в оптике, и позволяют уточнить моменты максимума потоков и их продолжительность.

## **МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ КОГЕРЕНТНОГО ЭХО В ПРИБЛИЖЕНИИ МАЛОГО ЧИСЛА ТОЧЕЧНЫХ РАССЕЙВАТЕЛЕЙ**

К. В. Гркович, О. И. Бернгардт

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

*grkovich@iszf.irk.ru*

Представленная работа посвящена исследованию сигналов среднеширотного когерентного рассеяния на неоднородностях вытянутых вдоль магнитного поля Земли, которые генерируются неустойчивостями двухпоточкового и градиентно-дрейфового типов в E-слое ионосферы. Наиболее интенсивно эти сигналы, которые известны как когерентное эхо (КЭ), изучались в верхних и экваториальных широтах, однако, в последнее десятилетие такие неоднородности активно исследуются в средних широтах. Кроме того, традиционно при исследованиях ионосферной плазмы изучаются лишь среднеквадратичные характеристики рассеянного сигнала, полученные усреднением по достаточно большому количеству реализаций. Целью данной работы являлось исследование структуры отдельных реализаций сигналов КЭ и выявление особенностей сигнала, позволяющих определять наличие когерентных радиоотражений, а так же улучшить методы обработки таких сигналов.

Предварительный анализ позволил предположить, что реализации сигнала КЭ приближенно можно считать состоящим из малого набора отдельных импульсов, которые с точностью до доплеровского сдвига частоты повторяют излученный сигнал, а также аддитивных шумов. Обработка данных показала, что количество реализаций сигнала, которые соответствуют нашему предположению о структуре сигнала КЭ, составляет от 30 до 70 % в зависимости от мощности сигнала в обрабатываемом отрезке данных.

Наличие в принятом сигнале копий излученного сигнала, может быть использовано как критерий присутствия в выбранной реализации сигнала КЭ. Этот критерий был использован для разработки методики получения усредненных профилей мощности с разрешением по дальности значительно превышающим разрешение, определяемое длиной импульса зондирования. С помощью разработанной методики была проведена обработка данных, полученных на иркутском радаре НР во время эксперимента 25 сентября 1998 года. Эта обработка показала хорошее соответствие модели экспериментальным данным.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ РАДАРА НР НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ АКФ

Д. В. Котов<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, Украина

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

Практика исследований ионосферы методом некогерентного рассеяния показала, что для получения достоверных результатов принципиально необходимо использование зондирующих импульсов с большими энергиями. Это фактически означает, что при заданной импульсной мощности приемлемый уровень статистической погрешности получаемых данных может быть достигнут лишь при условии, что протяжённость импульсного объема в отдельных областях ионосферы будет существенно превышать характерные высотные размеры изменения параметров ионосферной среды. Улучшить пространственную разрешающую способность можно, применяя сложные сигналы, что не всегда осуществимо. Применение же простых длинных импульсов приводит к смещению оценок параметров ионосферной плазмы.

Величина и знак смещения параметров плазмы сложным образом связаны между собой и существенно зависят от гелиогеофизических условий [1]. В такой ситуации не представляется возможным корректировать результаты измерений с помощью введения поправочных коэффициентов либо любым иным способом апостериори.

Цель работы – обоснование концепции получения достоверных несмещённых оценок параметров плазмы. Такую задачу можно решить, только в корне изменив подход к анализу экспериментальных данных, учитывая все особенности их пространственно-временной структуры. Такой учёт осуществляется с помощью функции неопределённости радара при одновременном отказе от предположения о постоянстве параметров плазмы вдоль импульсного объёма. Очевидно, что при этом в процессе решения обратной радиофизической задачи необходимо варьировать уже не значениями параметров плазмы, приписываемых одновременно всему диапазону занимаемых импульсом высот, а высотными распределениями параметров плазмы. С помощью функции неопределённости радара получают интегральную автокорреляционную функцию (АКФ), т.е., по сути, имитируют все особенности формирования АКФ в реальных условиях.

**Литература:** 1. Домнин И.Ф., Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Корреляционная функция некогерентно рассеянного сигнала. Моделирование вариаций. Методические погрешности определения параметров ионосферной плазмы // Нелинейный мир. – Т. 8, № 3. – 2010. – С. 160–179.

**ОБРАБОТКА СПУТНИКОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ  
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ НАЗЕМНЫХ  
РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ**

А. С. Инчин, А. Ю. Лозбин, Ю. Р. Шпади, М. Ю. Шпади

Институт космической техники и технологий, Алматы, Казахстан

*Lozbin.A@istt.kz*

29 июня 2004 года с космодрома «Байконур» на ССО высотой 720 км и наклоном  $98,3^\circ$  был запущен французский микроспутник «DEMETER». Миссия «DEMETER» посвящена исследованиям возмущений в ионосфере Земли, являющихся следствием сейсмической и вулканической активности. С 2004 года доступны для анализа и исследований данные измерений 3-х компонент электрического и магнитного поля, а также другие параметры ионосферной плазмы.

В рамках создания казахстанской космической системы научного назначения проводилось изучение технического и методического обеспечения французского проекта «DEMETER». Для устранения некоторых пробелов программного обеспечения проекта «DEMETER» в ДТОО «Институт космической техники и технологий» было разработано собственное программное обеспечение DeSS (Demeter Spectrogram Software), на которое получено авторское свидетельство.

DeSS – это программа для обработки, визуализации и картографической привязки спектрографических и волновых данных с электромагнитных датчиков приборов ICE и IMSC КА «DEMETER».

Принципиальное отличие данного программного обеспечения от французского состоит в картографической привязке анализируемых данных, как в региональном, так и в глобальном масштабе. Программа позволяет работать с данными по электрической компоненте от единиц герц до 3,33 МГц, а по магнитной – от единиц герц до 20 кГц. Такой частотный диапазон обусловлен диапазоном измерения электромагнитных датчиков на космическом аппарате.

Картографическая привязка электромагнитных данных позволяет определять местоположения передатчиков. Также, данный подход позволяет делать оценку мощности радиопередатчиков.

Таким образом, обнаружение и локализация радиопередатчиков по ионосферным электромагнитным возмущениям является одной из возможных задач для казахстанского спутника научного назначения.

## ПРЕИМУЩЕСТВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НР НА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЕ

А. И. Лялюк, А. О. Бакланов

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*lyalyuk\_family@inbox.ru*

При вертикальном зондировании сигнал НР связан с наличием флуктуационной составляющей высотного распределения плотности электронов в ионосферной плазме, и при обратном рассеянии его уровень определяется той пространственной гармоникой, период которой равен половине длины зондирующей волны. Её положение непрерывно изменяется. При импульсном зондировании фаза принятого сигнала меняется с каждым периодом повторения, и распределена равномерно в пределах 0 – 360 град.

Разработка устройства для обработки сигналов НР на промежуточной частоте [1] вызвана необходимостью исключить потери информации, связанные с тем или иным способом устранения несущей при использовании детекторов различного типа. Амплитудные детекторы полностью исключают возможность определения наличия дрейфа плазмы и значительно усложняют интерпретацию полученных результатов вследствие искажения формы корреляционной функции.

Применение синхронных детекторов (СД) даёт возможность сохранить информацию о наличии дрейфа плазмы, однако изменение формы автокорреляционной функции (АКФ), связанное с малыми доплеровским сдвигом, столь незначительно, что скорость дрейфа может быть найдена с относительно небольшой ошибкой при малых значениях статистической погрешности. Поэтому измерения АКФ сигнала НР требует использовать временное накопление, и увеличение его эффективности связано с необходимостью применения как минимум пары строго идентичных квадратурных каналов СД.

Использование аналого-цифрового преобразования непосредственно на промежуточной частоте радиоприёмного устройства позволяет проводить обработку сигнала НР без потерь ионосферной информации, если импульсы опроса АЦП привязаны к промежуточной частоте [2]. В зависимости от способа привязки может быть получен выигрыш в объёме аппаратуры. Существенный выигрыш достигается при обработке любых узкополосных сигналов и, в частности, сигнала НР.

**Литература:** 1. *Емельянов Л.Я.* Радиопередающее устройство радара некогерентного рассеяния. // Вестник Харьковского государственного университета. Сборник научных трудов. Выпуск 31. – Харьков, 1999. – С.108–112. 2. *Рогожкин Е.В.* Измерение параметров ионосферной плазмы по корреляционной функции сигнала некогерентного рассеяния. // Ионосферные исследования. – М.: Сов. радио, 1979. – № 27. – С. 46–59.

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

*12 – 15 апреля 2011 г.*

*г. Харьков, Украина*

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ С  
ПОМОЩЬЮ ОБЩЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ,  
ПЕРЕДАЧА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ, МОБИЛЬНЫЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АГЕНТЫ**

А. Ю. Михайлов

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

*andrew@vitche.com*

В ходе решения ряда практических задач, связанных с проектированием информационных систем и методов передачи мультимедийных данных, возникла необходимость в моделировании сигналов, представленных на логическом и физическом уровне в виде, отличном от классического общепринятого представления. Причиной этому послужило то, что для приведения некоторых данных к общеизвестным моделям, необходимо затратить вычислительные ресурсы, что недопустимо при имеющихся в практических задачах ограничениях.

Проведен анализ литературы по физике, математическому анализу и прикладной математике с целью поиска различных теорий поля. В результате было найдено большое количество литературы в области физики и очень малое количество литературы, в которой дается математическое обобщение полевых моделей. Проведен анализ использования полевых моделей в литературе по обработке сигналов, искусственному интеллекту и компьютерному зрению. Были найдены отдельные упоминания о понятиях теории поля применительно к решению задач обработки сигналов, но в найденной литературе теория не используется в том полном виде, в котором она описана в математической литературе. Описание различных видов сложных сигналов с применением теории поля начато с описания видео-сигнала. Введено понятие функции поля видео-сигнала, потока поля видео-сигнала, поверхности в области задания поля, дивергенции поля видео сигнала. Поставлен вопрос о физическом смысле производных величин высших порядков для поля видео-сигнала. Соответствующие аналоги приведенных выше величин хорошо известны в физике, но, при этом, они не применяются в областях, связанных с обработкой информации. Этот факт является основной отправной точкой в проводимых исследованиях.

Разработано программное обеспечение «Emission Framework» для реализации распределенных систем на языках JavaScript и PHP. В библиотеке реализован подход к передаче программного кода в реальном масштабе времени. В этом программном средстве в качестве передаваемого сигнала выступает исходный код программного обеспечения. Эта библиотека соответствует парадигме разработки распределенных приложений «Code-on-Demand». Также ведется работа по усовершенствованию библиотеки с целью достижения уровня парадигмы распределённых приложений «Mobile Agents».

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ ИОНОСФЕРНОГО ЛЧМ ЗОНДИРОВАНИЯ

А. А. Колчев, А. Е. Недопёкин

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

*agasfer911@yandex.ru*

При ионосферном зондировании важными задачами являются задачи обнаружения и выделения полезного сигнала, решение которых невозможно без знаний статистических свойств обнаруживаемого сигнала. При использовании сигнала с ЛЧМ элемент зондирующего сигнала занимает широкую полосу частот. После сжатия по частоте происходит обработка принятого сигнала в спектральной области. В настоящее время часто статистические результаты, полученные для узкополосных сигналов во временной области, переносятся для случая сигнала с ЛЧМ без веских обоснований, это может приводить к ошибкам.

Работа проводилась с использованием результатов зондирования по нескольким различным трассам с разными скоростями перестройки частоты. Использовались результаты многочастотного доплеровского радиозондирования периодическим ЛЧМ сигналом на трассе Нижний Новгород – Йошкар-Ола; результаты зондирования непрерывным сигналом с ЛЧМ в течение 2009-2010 г.г. в различных геофизических условиях на трассах: Франция – Йошкар-Ола, Инскип – Йошкар-Ола, Норильск – Йошкар-Ола, Хабаровск – Йошкар-Ола. Исследовалась принадлежность к законам и классам законов распределений и ряд статистических параметров для выборок спектральных отсчётов. Для идентификации законов распределений применялись критерий согласия Пирсона, классификация по типам кривых Пирсона, по типам кривых Джонсона, топографическая классификация.

Было установлено, что для принятых сигналов существует высокая переменчивость статистических параметров (контрэксцесс, асимметрия, энтропийный коэффициент), а так же отсутствует преобладающий вид законов распределения. Для спектральных выборок сигнала не подтвердился факт принадлежности распределению Райса, а для выборок шума – нормальному закону. Распределению Рэлея принадлежат 4,5 % шумовых выборок, распределению Райса – около половины. В среднем по четверти как сигнальных, так и шумовых выборок принадлежат гамма-распределению. Отсутствие одного преобладающего закона распределения для сигнала, а также одновременная принадлежность сигнала и шума к одним законам распределения свидетельствует о том, что обработка ЛЧМ сигнала проходит в условиях априорной непараметрической неопределённости.

## ФУНКЦИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

М. Н. Сюсюк<sup>1</sup>, Д. В. Котов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

<sup>2</sup>Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*iiion@kpi.kharkov.ua*

Для получения корректных результатов измерений параметров ионосферной плазмы методом некогерентного рассеяния (НР) принципиально необходим учёт аппаратных характеристик конкретного радара и специфики самого метода НР. В случае использования зондирующих сигналов небольшой длительности (до нескольких сотен микросекунд) такой учёт осуществляется сравнительно просто. Однако при исследованиях ионосферы с применением длинных (до миллисекунды) импульсов значительные дополнительные погрешности возникают вследствие пространственных изменений значений параметров рассеивающей среды внутри импульсного объёма [1]. В такой ситуации достоверные результаты могут быть получены только с помощью иного, более общего [2], подхода к анализу первичных данных, учитывающего все особенности их пространственно-временной структуры. При таком подходе принципиально необходимым является использование двумерной функции неопределённости радара НР [2].

Целью работы является рассмотрение особенностей построения двумерной функции неопределённости радара НР, а также представление и обсуждение результатов расчёта таких функций для различных режимов работы радара Института ионосферы – режима зондирования импульсом длительностью 663 мкс при использовании фильтра нижних частот (ФНЧ) Кауэра с полосой пропускания около 20 кГц и режима зондирования импульсом длительностью 130 мкс при использовании ФНЧ Чебышева с полосой пропускания 5 кГц.

Полученные функции будут использоваться для комплексного анализа данных радара НР на основе представлений об интегральной автокорреляционной функции [2, 3].

**Литература:** 1. Домнин И.Ф., Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Корреляционная функция некогерентно рассеянного сигнала. Моделирование вариаций. Методические погрешности определения параметров ионосферной плазмы // *Нелинейный мир*. – Т. 8, № 3. – 2010. – С. 160–179. 2. Holt J.M., Rhoda D.A., Tetenbaum D., van Eyken A.P. Optimal analysis of incoherent scatter radar data // *Radio Sci.*, 1992, – 27, N 3, P. 435–447. 3. Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Перспективный подход к обработке данных радара НР на основе интегральной АКФ (см. тезисы в этом сборнике).

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ  
В ИОНОСФЕРЕ С ПОМОЩЬЮ СОСТАВНОГО  
РАДИОИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА**

А. В. Фисун<sup>1</sup>, Т. А. Скворцов<sup>1</sup>, Л. Я. Емельянов<sup>1</sup>, Е. В. Рогожкин<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

*ion@kpi.kharkov.ua*

В настоящее время наиболее развитыми радиофизическими системами для определения электронной концентрации ( $N_e$ ) в ионосфере являются те, в которых применяются радары некогерентного рассеяния [1]. При этом существует проблема высотного разрешения при определении значения  $N_e$  на высотах ниже максимума ионизации ионосферы.

В докладе рассматривается новый способ определения электронной концентрации в широком диапазоне высот. При этом излучается составной зондирующий радиоимпульс, состоящий из короткого и длинного элементов. В способе используются различия в скорости распространения обыкновенной и необыкновенной волны. Применение предлагаемого способа позволит повысить точность измерения электронной концентрации на высотах ниже максимума ионизации ионосферы по сравнению с [2].

Рассмотрены особенности реализации предлагаемого способа. Для измерения электронной концентрации в верхней ионосфере используется принятый сигнал, вызванный рассеянием ионосферой длинного элемента зондирующего сигнала, а в области высот максимума ионизации – короткого элемента. Для определения  $N_e$  на высотах ниже максимума ионизации ионосферы предлагается применять рассеянные ионосферой сигналы с круговой поляризацией и противоположными направлениями вращения вектора электрического поля. Так, например, в харьковском радаре некогерентного рассеяния для приема сигнала в полном поляризационном базисе для измерения параметров ионосферы необходимо использовать дополнительный приёмник. Кроме того, короткий элемент двухэлементного зондирующего импульса должен иметь линейную поляризацию.

Способ позволяет повысить разрешающую способность и точность измерения электронной концентрации в области высот максимума ионизации ионосферы и ниже за счёт измерения разности фаз между принимаемыми рассеянными сигналами с противоположными круговыми поляризациями в частотных каналах короткого элемента зондирующего импульса.

Кроме того, внедрение способа позволит производить калибровку радара и определять электронную концентрацию на всех исследуемых высотах без применения станции вертикального зондирования ионосферы.

**Литература:** 1. Брюнелли Б.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. – М: Наука, 1988. – 528 с. 2. Патент №63076 Украина, МПК G01N27/00. Спосіб визначення параметрів іоносфери / Черняк Ю.В., Таран В.І., Лисенко В.М.; опубл. 15.01.2004. Бюл. № 1, 2004.

## ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ ЛЧМ ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ

А. А. Колчев, Д. В. Хобер

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

*hober@yandex.ru*

Сигналы радиофизического зондирования, отражённые от диагностируемых естественных объектов часто имеют неопределённую форму. Кроме того обнаружение сигнала новой, неизвестной формы часто представляет наибольший интерес в таких исследованиях. Априорно известным является только то, что некоторый физический параметр выделяемого сигнала имеет существенно отличающееся значение. Использование при этом традиционных методов обработки не позволяет качественно выделить сигнал на фоне шума. В работе предлагается методика, сводящая задачу обнаружения радиофизических сигналов к задаче обнаружения аномальных значений при экспериментальных измерениях [1].

Так как аномальное значение представляет собой некоторый всплеск, то первым этапом является анализ сигнала с помощью разложения по вейвлет-базису. Для того чтобы оставить аномальные значения используется процедура жёсткого трешолдинга при небелом шуме. Исследование статистических параметров до и после вейвлет-очистки показало, что спектры с сигналом и без него имеют существенно различающиеся статистические характеристики.

На основе статистического исследования параметров спектров без сигнала установлены границы 90 % доверительных интервалов для асимметрии и эксцесса до и после вейвлет-очистки. Одновременное использование нескольких критических точек существенно повышает вероятность правильного обнаружения сигнала.

Апробация предложенной методики проводилась на данных, полученных в экспериментах на радиотрассах наклонного зондирования ионосферы Великобритании – Йошкар-Ола, Франция – Йошкар-Ола, Кипр – Йошкар-Ола. Было обработано 13100 спектров. Вероятность ложного обнаружения составила 0,008 %.

Установлено, что предложенная методика позволяет получать с хорошей точностью наименьшую наблюдаемую частоту и максимальную наблюдаемую частоту на ионограммах наклонного зондирования ионосферы.

**Литература:** 1. Колчев А.А., Щирый А.О. Оценивание параметров сосредоточенных по спектру помех на выходе приемника ЛЧМ ионозонда // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2007, т.50 № 5. – С. 54–61.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКОГО РАССЛОЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ СЛОЁВ ПО ДАННЫМ НАКЛОННОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ**

А. О. Щирый

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

*saovu@mail.ru*

Современным средством исследования модовой структуры коротковолнового (КВ) радиосигнала является наклонный ионозонд, использующий в качестве зондирующих сигналы с линейно-частотной модуляцией (ЛЧМ). В приёмнике ЛЧМ-ионозонда происходит сжатие принятого сигнала в частотной области, состоящее в его умножении на сигнал гетеродина, комплексно-сопряжённый излучаемому сигналу и дальнейшему спектральному анализу сигнала разностной частоты, в результате чего разделяются дискретные моды распространения сигнала. Результат работы ионозонда – ионограмма, характеризующая зависимость амплитуды сигнала от частоты  $f$  и времени группового запаздывания  $\tau$ . Изображённые на ионограмме моды распространения КВ радиосигнала сформированы при участии отражения от ионосферных слоев (одно или более отражений).

Автором проводилось исследование т.н. магнитоионных расщеплений слоёв. Как известно, под действием постоянного магнитного поля Земли ионосфера приобретает свойства двоякопреломляющей среды. В условиях распространения коротких радиоволн это свойство проявляется в том, что одна волна с линейной поляризацией расщепляется на две – т.н. обыкновенную (О) и необыкновенную (Х). При этом разрешающей способности ионозонда по времени группового запаздывания (25 мкс) не всегда достаточно для разрешения (разделения) О и Х компонент (речь идет о параметрах построения ионограммы, ставших стандартными; построение ионограммы с более высоким разрешением технически возможно, но для больших массивов ионограмм нецелесообразно).

Исследование проводилось посредством ещё одного спектрального анализа (отсюда название – биспектральный) полученных спектров мощности, составляющих ионограмму. Предполагалось по пику в спектре определять разность времени группового запаздывания О и Х компонент радиоволны, интерферирующих между собой. Однако обработка данных показала, что в большинстве случаев в спектре наблюдаются два и даже три максимума, не считая нулевой спектральной компоненты. Множество максимумов в спектре означает, что интерферируют не два, а три или четыре луча – лучей на единицу больше чем максимумов. По-видимому, это обусловлено расслоением ионосферных слоев, и может найти применение в исследовании физической природы тонкого расслоения ионосферы.

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

*12 – 15 апреля 2011 г.*

*г. Харьков, Украина*

## СЕКЦИЯ 3

---

ИОНОСФЕРНАЯ  
ИНФОРМАТИКА

---

## ДАННЫЕ ДЛЯ БАЗЫ ИНСТИТУТА ИОНОСФЕРЫ

А. В. Богомаз<sup>1</sup>, С. С. Козлов<sup>2</sup>, В. А. Пуляев<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

*albom85@yandex.ru*

Стремительные темпы увеличения объёмов информации, получаемой Институтом ионосферы методом некогерентного рассеяния (НР) и вертикального зондирования, а также постоянное накопление результатов её обработки, делают очевидной крайнюю необходимость создания базы данных Института ионосферы. Кроме хранения всех данных в упорядоченном виде база данных позволит организовать доступ к отдельным её составляющим в зависимости от полномочий пользователя. Рассмотрим, какие данные целесообразно хранить в базе.

Проведенный анализ показал, что данные Института ионосферы, которые предполагается хранить в базе, можно разделить на три группы.

1) Исходные данные, которые формируются системой первичной обработки радара НР [1] и блоком цифрового преобразования автоматической ионосферной станции «Базис».

2) Служебные данные, которые необходимы для корректной обработки исходных данных и включают:

– наборы меток отбракованных данных;

– журналы радиопередающего и радиоприёмного устройств, в которых содержится информация о режимах работы, помеховой обстановке, внештатных ситуациях, результатах экспресс-обработки исходных данных;

– графики проведенных измерений;

3) Выходные данные, которые представляют собой высотные и временные распределения значений таких геофизических параметров. Это такие параметры как температура ионов, температура электронов, концентрация электронов, относительное содержание ионов кислорода, относительное содержание ионов водорода, относительное содержание ионов гелия, относительное содержание тяжёлых ионов, вертикальная составляющая скорости дрейфа.

**Литература:** 1. Пуляев В.А., Дзюбанов Д.А., Домнин И.Ф. Определение параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн: монография – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 240 с.

## ВЫБОР СУБД ДЛЯ БАЗЫ ДАННЫХ ХАРЬКОВСКОГО РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЙНИЯ

Козлов С.С.

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

*kss300@mail.ru*

Увеличивающийся объём ионосферных данных, получаемых в Институте ионосферы с помощью радара некогерентного рассеяния и автоматической ионосферной станции «Базис», привёл к необходимости создания базы данных (БД). Создание БД позволит улучшить информационное обеспечение, повысить быстродействие процесса обработки ионосферных данных измерительного комплекса, появляется возможность с любого рабочего места организации получить доступ к информационному ресурсу, за счёт подключения локальной сети к Internet или создания внутрикорпоративной сети на базе Intranet.

Анализ входной информации показал, что помимо файлов, получаемых с корреляторов, и файлов ионограмм, в БД необходимо хранить и служебную информацию, содержащую метки к данным файлов корреляторов, причины проведения экспериментов, техническое состояние аппаратуры. Из результатов ориентировочного расчёта следует, что существующий объём входной информации, накопленной за период с 1990 г. по 2010 г., составляет 70 Гб. Объём поступающей первичной информации в год приблизительно равен 8 Гб.

Файлы, поступающие с различных систем, разнообразны по внутренней структуре и типу, поэтому целесообразно генерализировать их на основе заголовка, содержащего время проведения эксперимента.

Выбор СУБД производился с учётом следующих критериев: поддержка больших объёмов данных; поддержка индексирования данных; простота лицензирования, бесплатность, открытость исходных кодов, поддержка сообществом; поддержка механизма партиционирования; поддержка необходимых типов данных; наличие инструментов для работы с БД.

Таким образом, в качестве СУБД для базы данных харьковского радара предполагается использовать PostgreSQL.

**Литература:** 1. Гарсиа-Молина Г., Ульма Дж., Уидом Дж., Системы баз данных. Полный курс. – «Вильямс», 2003. – 1088 с. 2. PostgreSQL. – [www.postgresql.org](http://www.postgresql.org). – 24.03.2011. 3. Лысенко В.Н., Кононенко А.Ф., Черняк Ю.В. Корреляционная обработка сигнала некогерентного рассеяния // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Радіофізика та іоносфера. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2004. – № 23. – С. 49–62.

## ВОПРОСЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБМЕНА ИОНОСФЕРНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ ПОДСИСТЕМАМИ РАДАРА НР

А. Е. Чаган, В. А. Пуляев

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

*ioon@kpi.kharkov.ua*

Доклад посвящается особенностям разработки устройства, с помощью которого есть возможность передачи на большие расстояния цифровых массивов, образуемых при работе радара некогерентного рассеяния обсерватории Института ионосферы в процессе исследования состояния и динамики ионосферной плазмы [1].

Согласно техническим требованиям, полученные массивы представляют собой автокорреляционные функции, предназначенные для определения по ним параметров ионосферной плазмы [2]. Данные массивы функционируют внутри технических систем с помощью информационных каналов, которые в последнее время из-за ввода новых схем корреляционного анализа перестали удовлетворять потребителей по быстродействию. Кроме того, в условиях возрастания интенсивности межсистемных помех требуется всё большая степень помехозащищенности и надёжности передачи, в особенности когда имеет место территориальная отдаленность объектов от разветвлённых информационных сетей. К тому же следует учесть, что действующие каналы уже не удовлетворяют радар некогерентного рассеяния и с точки зрения всё возрастающего объёма данных, поэтому данная разработка является очень актуальной.

Показано, что при разработке нового устройства передачи [3] были использованы микроконтроллеры последнего поколения, позволяющие увеличить степень функциональности устройства, удобство его эксплуатации и предоставить возможность работать в различных режимах передачи.

**Литература:** 1. Пуляев В.А., Дзюбанов Д.А., Домнин И.Ф. Определение параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 240 с. 2. Чаган А.Е., Пуляев В.А. Цифровые методы обмена ионосферной информацией между удаленными потребителями / Конференція молодих учених «Дистанційне радіозондування іоносфери (ІОН-2010)». – Харків, Україна. – 6–9 квітня 2010 р. – С. 40. 3. Чаган А.Е., Пуляев В.А. Передача ионосферной информации по радиоканалу // Вестник НТУ «ХПИ»: Радиофизика и ионосфера. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2010. – № 48. – С. 110–113.

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2011)

*12 – 15 апреля 2011 г.*

*г. Харьков, Украина*

## СЕКЦИЯ 4

---

ФИЗИКА  
ИОНОСФЕРЫ  
И  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОЦЕССОВ

---

## ЭФФЕКТЫ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 4 ЯНВАРЯ 2011 г., НАБЛЮДАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ ИОНОЗОНДА

В. В. Барабаш<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>1,2</sup>

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

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

Barabash\_VV@ukr.net

Цель настоящей работы – изложение результатов наблюдения методом вертикального зондирования особенностей перестройки ионосферы в период частного (фаза – 0,78) солнечного затмения (СЗ) 4 января 2011 г. вблизи Харькова. Это затмение отличается от других затмений тем, что оно имело место в течение роста солнечной активности, в утреннее время и продолжалось около трёх часов. Другие СЗ наблюдались в течение примерно 2 часов [1].

Для Харькова основная часть СЗ припадала на дообеденные часы, начало затмения было в 09:30, главная фаза – в 10:59, а окончание – в 12:29 по киевскому времени. До наступления СЗ ионосфера была спокойной, наблюдался незначительный рост критической частоты  $f_oF2$  и несущественные колебания значений высоты максимума слоя F2.

Несмотря на мощный прерывистый отражающий слой, подобный слою Es (в диапазоне высот 100–150 км,  $f_oEs$  достигала 8,4 МГц), достаточно уверенно наблюдались следы сигнала, отражённого от области F ионосферы. В момент близкий к главной фазе СЗ, регистрировались наклонные отражения слоя и диффузные отражения практически во всём диапазоне частот и высот. Также отмечен рост действующей высоты  $h'F2$ , который в среднем составил около 70 км. Высота модельного параболического слоя увеличилась на 7–8 км. Значение  $f_oF2$  при этом уменьшилось приблизительно на 1,5 МГц. Минимум  $f_oF2$  запаздывал по отношению к моменту главной фазы затмения на 16 мин.

Кроме регулярных временных изменений  $f_oF2$ ,  $h'F2$ ,  $h_p$ , наблюдались их квазипериодические вариации с периодами около 30 и 60 мин. Относительная амплитуда последних порядка 1–10 %.

В контрольный день, 5 января 2011 г., слой Es, как и 4 января 2011 г., был прерывистый, его критическая частота эпизодически достигала 7,9 МГц. Высота слоя изменялась от 90 до 150 км. В течение всего периода измерений ионограммы незначительно отличались как между собой, так и от ионограмм, полученных 4 января до начала и после окончания СЗ.

Анализ ионограмм показал, что СЗ вызвало значительные регулярные и нерегулярные изменения параметров ионограмм, а значит и средней ионосферы. При этом усилилась волновая активность ионосферы и её турбулизация.

**Литература:** 1. 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.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СЛОЯ F2 ПО  
ДАНЫМ АНАЛИЗА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ИОНОСФЕРНОГО  
АЛЬФВЕНОВСКОГО РЕЗОНАНСА**

Н. А. Бару, А. В. Колосков

Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина

*baru@rian.kharkov.ua*

Ионосферный альфвеновский резонатор (ИАР), это резонатор для альфвеновской моды МГД-волн, ограниченный снизу E-слоем ионосферы и сверху – областью выше максимума F-слоя, которая характеризуется быстрым спадом показателя преломления. На поверхности земли ИАР регистрируется в виде резонансной структуры спектра (РСС) естественного электромагнитного фона в диапазоне частот 0,1–30 Гц. Считается, что основным источником для альфвеновского резонатора, также же как и для шумановского, являются молниевые разряды. Альфвеновский резонанс был экспериментально обнаружен в 1989 г., после того как несколькими годами ранее возможность его существования была показана теоретически С.В. Поляковым и В.О. Рапопортом. На сегодняшний день опубликовано большое число работ, посвященных анализу свойств ИАР. В то же время представленные в них данные наблюдений РСС носят, как правило, единичный либо фрагментарный характер, что делает актуальной организацию систематических наблюдений сигналов в диапазоне ИАР. Начиная с 2002 г. на Украинской Антарктической Станции (УАС) по инициативе специалистов Радиоастрономического института был начат мониторинг естественного электромагнитного фона в диапазоне частот 0,1 – 300 Гц. Регистрировались две ортогональные горизонтальные компоненты магнитного поля. В 2007 г. организован второй наблюдательный пункт вблизи г. Харькова на низкочастотной обсерватории (НЧО) РИ НАН (рабочие частоты 0,5–40 Гц). Обработка годового массива данных с обоих пунктов позволила получить суточные и сезонные зависимости для собственных частот и «вероятности регистрации» РСС и проанализировать их связь с параметрами околоземной плазмы и магнитного поля на ионосферных высотах. Анализ показал, что основное влияние на характеристики РСС оказывают локальные параметры ионосферы, такие как концентрация электронов и полное электронное содержание (ПЭС). В работе проведено сопоставление критической частоты ионосферы –  $f_0F_2$  и собственных частот РСС. Разработана феноменологическая модель и предложена методика оценки величины  $f_0F_2$  по данным разности частот между максимумами РСС. Адекватность данного способа оценки критической частоты проверена на годовом массиве данных, с ноября 2007 по ноябрь 2008гг, полученных на УАС. В дальнейшем авторы предполагают усовершенствовать модель и привлечь для восстановления дополнительных ионосферных параметров данные измерений ПЭС.

## ВОЛНОВЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ИОНОСФЕРЕ В СПОКОЙНЫХ УСЛОВИЯХ И ВО ВРЕМЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА, ЗАТМЕНИЙ И СТАРТОВ РАКЕТ

В. П. Бурмака<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>1,2</sup>

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

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

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

Целью работы является изложение результатов наблюдений волновых возмущений (ВВ) в ионосфере, полученных с помощью харьковского радара некогерентного рассеяния.

Основные результаты сводятся к следующему.

1. ВВ в ионосфере присутствовали практически всегда. Волновая активность во все сезоны была примерно одинаковой.

ВВ концентрации электронов  $N$  имели периоды от 10 мин до 3 ч. Наибольшие амплитуды свойственны возмущениям с  $T \approx 2-3$  ч и продолжительностью 4–6 ч. Для них  $\Delta N_{\max} \approx 6 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3}$ ,  $\delta_{N \max} \approx 0,5$ . Для ВВ с  $T \approx 20-30$  мин  $\Delta N_{\max} \approx 5 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$ ,  $\delta_{N \max} \approx 0,05-0,10$ . До высоты  $z \approx 200$  км амплитуды ВВ увеличиваются, достигая максимальных значений. Затем с увеличением высоты они уменьшаются. Временные зависимости  $\Delta N(t)$  и  $\delta_N(t)$  в основном подобны между собой, в целом они отслеживают суточный ход  $N$  [1].

2. Солнечный терминатор существенно влияет на волновую активность в ионосфере в диапазоне  $T \approx 10-180$  мин. Его прохождение может подавлять существовавший в среде волновой процесс и приводить к генерации ВВ с иными параметрами [1].

3. Общим для всех затмений Солнца было возникновение минимума в зависимостях  $\Delta N(t)$  и  $\delta_N(t)$  вблизи главной фазы затмения и изменение спектрального состава ВВ  $N$  и  $\delta_N$ . Составляющие с  $T \approx 120-180$  мин, отражают факт уменьшения  $N$  в течение затмений Солнца, а составляющие с  $T \approx 20-120$  мин – факт генерации внутренних гравитационных волн (ВГВ) [1].

4. Возмущения, вызванные стартами ракет, имеют две группы от скоростей – 1,5–2 км/с и 550–610 м/с. Им соответствуют медленные МГД волны и ВГВ. СР с космодрома Байконур вызывали над Харьковом ВВ  $N$ ,  $T_e$  и  $T_i$  с амплитудами  $(0,8-4) \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$  и 50–100 К. Относительные амплитуды этих возмущений достигали 0,1–0,25 и 0,05–0,08 соответственно [2].

**Литература:** 1. Бурмака В.П., Таран В.И., Черногор Л.Ф. Результаты исследования волновых возмущений в ионосфере методом некогерентного рассеяния // Успехи соврем. радиоэлектроники. № 3. – 2005. – С. 4–35.  
2. Бурмака В.П., Черногор Л.Ф., Черняк Ю.В. Волновые возмущения в геокосмосе, сопровождавшие старты и полеты ракет «Союз» и «Протон» // Радиофизика и радиоастрономия. Т 10. № 3. – 2005. – С. 254–272.

## ВОЛНОВЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ИОНОСФЕРЕ В ТЕЧЕНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 4 ЯНВАРЯ 2011 г. В ХАРЬКОВЕ

В. П. Бурмака<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>1,2</sup>

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

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

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

Цель доклада – изложение результатов наблюдения волновых возмущений (ВВ) до начала, в течение и после солнечного затмения (СЗ), полученных при помощи харьковского радара некогерентного рассеяния.

СЗ 4 января в Харькове было частным: фаза – 0,78. Это затмение отличалось от других большой продолжительностью (с 7:30 до 10:29 UT), оно имело место в период роста солнечной активности, зимой, в утреннее и околополуденное время. По временным вариациям мощности некогерентно рассеянного сигнала в диапазоне высот  $z \approx 120\text{--}530$  км определялись временные вариации абсолютных  $\Delta N$  и относительных  $\delta_N = \Delta N/N$  изменений концентрации электронов  $N$ . Затем к временным рядам  $\Delta N(t)$  и  $\delta_N(t)$  применялся системный спектральный анализ, в основе которого лежат оконное и адаптивное преобразования Фурье, а также вейвлет преобразование [1].

Основные результаты сводятся к следующему.

1. СЗ сопровождалось генерацией (усилением) ВВ в ионосфере, по крайней мере, в диапазоне высот 120–400 км.

2. В спектре ВВ преобладало колебание с периодом  $T \approx 60$  мин.

3. Наибольшая амплитуда  $\Delta N$  имела место при  $z \approx 180\text{--}220$  км, где она достигала  $(6\text{--}7) \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3}$ . При этом  $\delta_N \approx 0,15$ .

4. Генерируемое затмением ВВ началось примерно через 30 мин после наступления затмения и продолжалось не менее 7 часов. После 15 часов амплитуда  $\Delta N$  существенно уменьшалась в диапазоне высот 120–250 км. Это было связано с заходом Солнца в ионосфере.

5. Суточные вариации  $\delta_N$  были заметно выражены лишь на высотах 120–180 км: ночью  $\delta_N$  в 1,5–2 раза больше, чем днем.

6. Спектральный состав  $\Delta N$  и  $\delta_N$  в день СЗ и в фоновый день 5 января существенно отличался. Это позволяет утверждать, что СЗ приводит к генерации (усилению) ВВ в ионосфере.

7. Сравнительный анализ ВВ, сопровождавших затмения 11 августа 1999 г., 31 мая 2003 г., 3 октября 2005 г., 1 августа 2008 г. и 4 января 2011 г., показал, что имеются как общие закономерности, так и различия в параметрах ВВ, вызванных СЗ.

**Литература:** 1. Бурмака В.П., Панасенко С.В., Черногор Л.Ф. Современные методы спектрального анализа квазипериодических процессов в геокосмосе. Успехи современной радиоэлектроники. № 11. – 2007. – С. 3–24.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ  
ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ ВОДОРОДА  
В РАЗЛИЧНЫХ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**Д. В. Котов<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>1,2</sup>**

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

*ion@kpi.kharkov.ua*

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

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

Поведение лёгких ионов во внешней ионосфере Земли изучается уже несколько десятилетий. Установлено, что относительное содержание ионов водорода  $N(H^+)/N$  существенно изменяется во время геокосмических бурь и может, среди прочего, служить индикатором состояния космической погоды.

В то же время, наблюдения показывают, что вариации параметра  $N(H^+)/N$  и в спокойных условиях могут существенно отличаться для регионов с близкими географическими широтами, но разной долготой. Глобальные модели ионосферы всё ещё далеки от совершенства в отношении достоверности прогнозируемых количественных и качественных характеристик вариаций лёгких ионов.

Целью работы является рассмотрение пространственно-временных вариаций величины  $N(H^+)/N$  во внешней ионосфере, полученных с помощью харьковского радара некогерентного рассеяния для существенно различных гелиогеофизических условий, и сопоставление этих вариаций с данными, предоставляемыми международной справочной моделью ионосферы IRI.

В качестве примера были рассмотрены результаты, полученные для периода низкой активности Солнца (14 декабря 2009 г. и 23 июня 2010 г.), а также данные для 2 июля 2000 г., когда активность Солнца была высокой.

Анализ результатов показал, что для указанных дат максимальные значения  $N(H^+)/N$  регистрировались в предвосходный период, когда верхняя атмосфера максимально охлаждена; минимум суточного хода соответствовал околополуденному времени.

Сопоставление данных радара Института ионосферы с прогнозами модели IRI позволило выявить существенные количественные отличия соответствующих значений  $N(H^+)/N$ . Так, для 14 декабря 2009 г. значение  $N(H^+)/N$  на высоте 600 км в 01:00 ЕЕТ достигало 0,95; соответствующее модельное значение равно 0,51. Ещё большие отличия имели место для 23 июня 2010 г. На высоте 650 км около 02:00 ЕЕТ эксперимент дал  $N(H^+)/N = 0,9$ , а модель IRI – 0,25. Для 2 июля 2000 г. на высоте 1100 км для 02:00 ЕЕТ результаты измерений и данные модели равны 0,43 и 0,85 соответственно.

Анализ полученных результатов свидетельствует о необходимости дальнейших исследований вариаций лёгких ионов и, в перспективе, создания региональной модели ионного состава внешней ионосферы.

**ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В  
ИОНОСФЕРЕ НА ФАЗЕ РОСТА 24-го ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ  
АКТИВНОСТИ**

М. В. Ляшенко

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

*mlyashenko@ua.ru*

Наблюдение, интерпретация и моделирование вариаций параметров динамических процессов является одной из актуальных задач современной геофизики. Как известно, динамические процессы играют существенную роль во взаимодействии подсистем системы Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера.

Представлены результаты наблюдений вариаций основных параметров геокосмической плазмы в периоды равноденствий и солнцестояний в 2009 г. по данным харьковского радара некогерентного рассеяния (НР).

Для указанных периодов выполнено моделирование параметров тепловых и динамических процессов в околоземной среде. В работе представлены результаты расчета параметров среды, непосредственно не измеряемых в ходе эксперимента на радаре НР. К таким параметрам относятся: частоты соударений заряженных и нейтральных частиц, величины продольных составляющих тензоров амбиполярной диффузии и теплопроводности электронного газа, плазменная приведенная высота и плазменная температура.

Рассмотрены временные вариации параметров динамических процессов в плазме – потоков частиц за счет амбиполярной диффузии и суммарного потока заряженных частиц, величин нейтральных (термосферных) ветров. Также получена информация о плотности потока тепла, переносимого электронами из плазмосферы в ионосферу и величине энергии, подводимой к электронам.

Представлен анализ пространственно-временных зависимостей модельных параметров динамических процессов в ионосфере для периодов, близких к весеннему и осеннему равноденствиям, летнему и зимнему солнцестояниям.

Приведены результаты сравнительного анализа вариаций параметров динамических процессов в ионосферной плазме на фазах роста 23-го и 24-го циклов солнечной активности.

Полученные результаты моделирования параметров динамических и тепловых процессов в геокосмической плазме используются для развития модели ионосферы для центрально-европейского региона (CERIM ION) по данным харьковского радара НР.

**ЭФФЕКТЫ ЧАСТНОГО ЗАТМЕНИЯ СОЛНЦА 4 ЯНВАРЯ 2011 г.  
В ВАРИАЦИЯХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОКОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ  
НАД ХАРЬКОВОМ**

**М. В. Ляшенко<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина  
*mlyashenko@ya.ru*

Затмение Солнца (ЗС) представляет собой одно из уникальных явлений в околоземном космическом пространстве. Эффекты ЗС заметно проявляются в вариациях параметров геокосмической среды и, тем самым, существенно влияют на процессы в системе Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера (ЗАИМ). Во время ЗС имеет место кратковременная перестройка среды к ночным условиям и обратно, а значит перестройка взаимодействий между подсистемами системы ЗАИМ.

ЗС 4 января 2011 г. было частным. Затмение над Харьковом наблюдалось с 07:29 UT до 10:28 UT. Максимальное покрытие солнечного диска имело место в 08:58 UT. Покрытие диска Солнца по площади составило 0,71, по диаметру – 0,78. Освещенность поверхности Земли и околоземной среды во время ЗС уменьшилась почти в 4 раза. Общая продолжительность солнечного затмения составила 2 ч 59 мин.

Наблюдения эффектов ЗС 4 января 2011 г. в Харькове выполнены с помощью единственного в средних широтах Европы радара некогерентного рассеяния (НР). Получена уникальная геофизическая информация о поведении основных параметров ионосферной плазмы в диапазоне высот 190–410 км. В качестве контрольных выбраны сутки 5 января 2011 г.

Получено, что ЗС привело к уменьшению критической частоты  $f_oF2$  и концентрации электронов  $N_m$  в максимуме области F2 ионосферы примерно на 31 % и 52 % соответственно. Высота слоя F2  $z_m$  в максимальную фазу ЗС поднялась примерно на 10 км.

Уменьшение концентрации электронов в диапазоне высот 190–410 км составило от 20 до 47 %.

Эффекты ЗС проявились в вариациях температуры электронов и ионов. Уменьшение температуры электронов в максимальную фазу ЗС составило примерно 130–370 К в диапазоне высот 190–410 км. В вариациях температуры ионов эффекты ЗС проявились слабо.

Эффекты ЗС привели к существенному изменению динамического и теплового режима геокосмической плазмы в широком диапазоне высот.

Проведенный сравнительный анализ эффектов ЗС 11 августа 1999 г., 31 мая 2003 г., 3 октября 2005 г., 29 марта 2006 г., 1 августа 2008 г. и 4 января 2011 г. показал, что, кроме общих закономерностей, присутствовали индивидуальные особенности в наблюдаемых эффектах.

## ДИНАМИКА ИОНОСФЕРЫ ПРИ СОЛНЕЧНОМ ЗАТМЕНИИ 4 ЯНВАРЯ 2011 ГОДА

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

Институт ионосферы НАН и МОНМС Украины, Харьков, Украина

*ion@kpi.kharkov.ua*

В докладе представлены результаты расчётов динамики (составляющих скоростей движения ионосферной плазмы) во время солнечного затмения 4 января 2011 года. Задача состояла в том, чтобы при использовании результатов наблюдений электронной концентрации и температур заряженных частиц определить изменение диффузионной составляющей скорости движения плазмы, а затем, привлекая данные измерений полной скорости движения плазмы, оценить степень влияния затмения на циркуляцию нейтральной атмосферы над Харьковом. Расчёты показали, что некоторое охлаждение верхней атмосферы приводит к уменьшению интенсивности выноса вещества, как в нижнюю, так и во внешнюю ионосферу. Что касается движения нейтральной атмосферы, то существенного различия в период затмения и такой же период контрольного дня обнаружить не удалось. Скорее всего, это связано с особенностями, обусловленными временем затмения. Дело в том, что во время затмения нейтральный ветер был направлен вдоль меридиана с юга на север. Источник же движения атмосферы (область повышенного давления) находился в подсолнечной точке, расположенной в это время на южном тропике, т.е. на максимально возможном удалении от места наблюдения. Этот регион не испытывал влияния солнечного затмения. Соответственно, влияние солнечного затмения на движение нейтральной атмосферы над Харьковом ожидалось минимальным. Кроме того, в максимальной фазе затмения зенитный угол Солнца составлял  $74^\circ$ . Принимая во внимание то, что временные характеристики затмения в доступных источниках приведены для наблюдателя на уровне Земли, то можно ожидать, что на ионосферных высотах, где наблюдались обсуждаемые явления, времена начала и окончания затмения будут несколько отличаться. Также может отличаться величина максимального покрытия солнечного диска. По нашим оценкам эти характеристики могут быть такими.

Характеристики затмения	Начало, ЕЕТ	Максимальная фаза, ЕЕТ	Окончание, ЕЕТ	Макс. покрытие диска, %
На поверхности	09:30	10:58	12:30	71
В ионосфере	09:38	11:04	12:30	75

Однако, несмотря на то, что такие отличия характеристик были заметными, тонкие эффекты не были зарегистрированы из-за инерционности ионосферных процессов и выбора времени накопления, достаточного для обеспечения статистической точности эксперимента.

## СЕЗОННО-СУТОЧНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ШУМОВОГО КОСМИЧЕСКОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТЕ 158 МГц

А. Е. Мирошников<sup>1</sup>, Л. Ф. Черногор<sup>1,2</sup>

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

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

*moneytu@gmail.com*

Целью настоящей работы является изложение результатов наблюдения сезонно-суточных вариаций мощности радишума на частоте 158 МГц, полученных при помощи харьковского радара некогерентного рассеяния.

Проанализированы суточные зависимости для четырёх характерных сезонов – весеннего и осеннего равноденствий, зимнего и летнего солнцестояний в период с 2003 по 2011 гг.

Характерный ход суточной зависимости мощности радишума рассмотрим на примере измерений от 28 марта 2006 г. В течение суток наблюдалось два всплеска мощности радишума: первый с 05:15 до 7:45 и второй (меньший) с 12:00 до 14:30 относительно среднего значения, наблюдаемого с 00:00 до 05:15 (здесь и далее UT). После второго всплеска мощности радишума имело место постепенное уменьшение уровня шума относительно среднего уровня. С 7:45 до 12:00 (между всплесками) уровень мощности чуть выше среднего. Аналогичная картина наблюдалась во время измерений 25 марта 2009 г. (первый всплеск 05:30–08:00, второй 12:00–14:00), 20 марта 2007 г. (второй всплеск мощности радишума наблюдался в период 13:00–14:30).

Подобная картина наблюдалась при рассмотрении сезонных зависимостей в различные годы проведения измерений. Так, 4 июня 2008 г. Имело место повышение мощности радишума в период 01:00–3:30 и 07:30–11:00, 17 июня 2008 г. – в период 00:00–02:30 и 07:30–10:00. Несколько отличался результат наблюдения в осенний период – присутствовало два всплеска радишума с постепенным уменьшением мощности между ними, причём второй всплеск был больше первого. Это наблюдалось 30 сентября 2009 г. (повышение мощности радишума с 00:00 до 02:00 и с 17:00 до 19:00), 21 сентября 2006 г. (с 01:00 до 03:00 и с 17:30 до 20:00). В зимний период первый всплеск мощности радишума был значительно больше второго. Во время измерений 21 декабря 2006 г. повышение мощности радишума наблюдалось с 10:00 до 14:00 и с 18:30 до 21:00, 18 декабря 2003 г. с 12:00 до 14:00 и с 19:00 до 21:00.

Времена увеличения мощности радишума хорошо коррелировали с прохождением основного лепестка диаграммы направленности антенны через скопление космических объектов в Млечном пути дважды в сутки.

Таким образом, установлены основные закономерности в поведении сезонно-суточных вариаций мощности радишума на частоте 158 МГц.

## ДИНАМИКА СРЕДНЕШИРОТНОЙ F-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ НА ВОСХОДЕ СОЛНЦА

А. Ф. Яковец, В. В. Водяников, К. Ж. Нурмуханбетова,

Г. И. Гордиенко, Ю. Г. Литвинов

ДТОО «Институт ионосферы», АО «Национальный Центр  
космических исследований и технологий», Алматы, Казахстан

*karakoznur@gmail.com*

Современные высокотехнологичные радиотехнические устройства, к которым относятся радиоинтерферометры с большой и сверхбольшой базами и системы дифференциальной GPS навигации, для улучшения точностных характеристик требуют внесения ионосферных поправок, рассчитываемых из моделей ионосферы, корректируемых наземным или трансionoсферным зондированием ионосферы. Величины вносимых поправок значительно возрастают при больших горизонтальных градиентах электронной плотности ионосферы, наблюдаемых во время восхода Солнца, поэтому новые экспериментальные данные о пространственно-временных характеристиках F2-слоя ионосферы, позволяющие улучшить точность описания ионосферы в этот период суток, представляют несомненный интерес.

В настоящей работе анализируется поведение F2-слоя во время восхода Солнца по данным вертикального зондирования ионосферы над Алматы (76°55'E, 43°15'N) в 2001–2010 гг, при этом пересчёт ионограмм в высотные профили электронной концентрации позволил изучить динамику F2-слоя по всей его толще на фиксированных истинных высотах. Для точной оценки моментов начала фотоионизации на разных высотах обрабатывались только записи с незначительными амплитудами фоновых флуктуаций электронной концентрации. Показано, что скорость возрастания электронной концентрации является функцией высоты, при этом в максимуме F2-слоя скорость возрастания заметно меньше значения скоростей на фиксированных высотах, расположенных ниже максимума слоя на расстояниях ~ 30–55 км. Зенитный угол Солнца ( $\chi$ ) и толщина экранирующего слоя ( $h_0$ ) в момент начала процесса фотоионизации на высоте  $h$  линейно связаны с величиной  $h$ , при этом диапазоны изменения величин составляют  $\sim 900 < \chi < 1000$  и  $180 \text{ км} < h_0 < 260 \text{ км}$ . Установлено, что наклон среднего высотного профиля зенитного угла одинаков в годы максимума и минимума активности, а для всех высот средняя величина  $\chi$  в максимуме активности примерно на градус превышает соответствующую величину в минимуме активности. Кроме того, существует хорошая корреляционная связь между высотой, которой соответствует наибольшая скорость возрастания, и высотой максимума F2-слоя, а также между скоростью возрастания электронной концентрации в максимуме слоя и наибольшей скоростью возрастания электронной концентрации.

## **ЭФФЕКТЫ В ИОНОСФЕРЕ НАД ХАРЬКОВОМ, СОПРОВОЖДАВШИЕ РАБОТУ НАГРЕВНОГО СТЕНДА «СУРА»**

И. Ф. Домнин<sup>1</sup>, С. В. Панасенко<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*

При воздействии на ионосферу мощного радиоизлучения наблюдаются два типа эффектов. Локализованные (характерный размер 10–100 км) возмущения ионосферной плазмы возникают в пределах диаграммы направленности антенны и заключаются в увеличении температуры электронов, изменении их концентрации, генерации неустойчивостей, усилении плазменной турбулентности и т.д. Крупномасштабные (1–3 тыс. км) возмущения среды имеют место на значительном удалении от места нагрева и, скорее всего, связаны с взаимодействием подсистем в системе Земля – атмосфера – геокосмос. Эти эффекты в настоящее время изучены недостаточно. Их появление и величина наблюдаемых возмущений сильно зависит от состояния космической погоды, времени суток и сезона, эффективной мощности и режима работы нагревного стенда и др.

Целью настоящей работы является описание и анализ результатов, полученных с помощью метода некогерентного рассеяния в период и после окончания работы мощного нагревного стенда «Сура», расположенного на расстоянии около 1000 км от места наблюдения.

Эксперименты по модификации ионосферы проводились 20–23 сентября 2010 г. с 12:50 до 17:40 UT. Нагревный стенд работал на частоте 4,7 МГц в циклическом режиме (20 мин нагрев, 10 мин пауза). Его эффективная мощность составила около 80 МВт, диаграмма направленности антенны была ориентирована в магнитный зенит (наклонена к югу на 12° от вертикали).

Анализ суточного хода концентрации электронов показал, что, начиная примерно с 15:00 UT, ее значения в возмущенные дни были меньше значений в фоновые дни. Максимальное относительное различие в концентрациях на высотах 200 и 300 км составило 70 и 40 % соответственно.

Анализ временных зависимостей относительных вариаций концентрации электронов показал, что на высотах 200–250 км через 60–90 мин после первого включения нагревного стенда возникало колебание с периодом около 30 мин, который соответствовал циклическому режиму работы стенда. Его относительная амплитуда составила 0,08–0,1. Наблюдалось усиление колебаний с периодами около 60, 90 и 120 мин. Их относительные амплитуды достигали 0,07–0,15. В вечернее время имело место наложение волновых возмущений, связанных с работой «Суры» и с прохождением солнечного терминатора в пункте наблюдения и в магнитосопряженной области.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СОЛИТОНОПОДОБНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМОВ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ**

С. В. Панасенко, Л. Ф. Черногор

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина

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

Изучение солитоноподобных сигналов и процессов, определение их параметров является важной радио- и геофизической задачей. С одной стороны, такие сигналы относятся к нелинейным сверхширокополосным сигналам, а значит, могут распространяться в нелинейных диспергирующих средах практически без искажений на большие расстояния. С другой стороны, солитоноподобные отклики могут иметь место в ионосфере и геомагнитном поле под действием естественных и искусственных высокоэнергичных процессов, к которым относятся вспышки на Солнце, геокосмические бури, старты и полёты ракет, мощное радиоизлучение и др.

К солитоноподобным процессам принадлежит также солитон огибающей, являющийся решением нелинейного уравнения Шредингера. Для его обнаружения на фоне помех и оценки параметров обычно используются классические и современные методы спектрального анализа, интерпретация результатов которых часто носит субъективный характер.

Целью настоящей работы является применение алгоритмов теории оптимального обнаружения и оптимального оценивания для выявления модельных и экспериментально зарегистрированных сигналов в виде солитонов огибающей на фоне помех.

При решении задачи обнаружения считалось, что помеха является белым (точнее, квазибелым) гауссовским шумом с известным функционалом плотности вероятности. Результаты расчётов показали, что значения вероятностей ложной тревоги  $p_{fa}$  и пропуска сигналов  $p_{so}$  сильно зависят от объёма выборки  $m$  и отношения сигнал/шум  $q$ . Например, при увеличении  $m$  от 20 до 1200  $p_{fa}$  уменьшилась на 11 порядков, а значения  $p_{so}$  при  $q = 0,1$  составили 70,8–99,7 %, при  $q = 0,3$  лежали в пределах 60,5–30,4 %, а при  $q \geq 0,7$  и  $m \geq 300$  не превышали единиц процентов.

Оценка параметров сигнала проводилась по методу максимума правдоподобия. Анализ модельных данных показал, что при даже при  $q = 1$  различие реальных и оцененных значений параметров солитона огибающей обычно лежали в пределах 10–26 %. Формы оцененного и смоделированного солитонов огибающей хорошо согласуются друг с другом.

С помощью рассмотренных алгоритмов были выявлены и оценены параметры геофизических солитоноподобных процессов, сопровождавших сильнейшую геокосмическую бурю 7–10 ноября 2004 г.

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОКОСМИЧЕСКИХ БУРЬ НА ИОНОСФЕРНЫЙ КАНАЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН**

**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*

Мощные нестационарные процессы на Солнце, сопровождаемые значительным усилением солнечного ветра и выбросами корональной массы, приводят к интенсивным геокосмическим бурям. Геокосмическая буря представляет собой совокупность магнитной, атмосферной, ионосферной и электрической бурь. При этом значительно возмущаются параметры ионосферы, атмосферы и электрического поля. Уровень геомагнитного поля изменяется незначительно (до 1 %). Возмущения околоземной среды существенно сказываются на параметрах ионосферного канала распространения.

Целью работы является изложение результатов экспериментальных исследований, выполненных на харьковском радаре некогерентного рассеяния, вариаций параметров среднеширотной ионосферы в течение сильнейших геокосмических бурь и результатов расчета влияния этих вариаций на ионосферный канал распространения радиоволн в средних широтах.

Основные результаты сводятся к следующему.

1. Сильные геокосмические бури приводят к значительному возмущению параметров околоземной среды в целом и среднеширотной ионосферы в частности.

2. Вариации параметров ионосферы в течение геокосмических бурь вызывают существенную перестройку канала распространения радиоволн. При этом значительно изменяются основные характеристики радиоволн: фаза, мгновенная частота, амплитуда, поляризация и др.

3. В средних широтах в течение отрицательных ионосферных бурь частотная ёмкость канала распространения радиоволн на трассах Земля – ионосфера – Земля уменьшается в 5–6 раз. При этом разрушаются многие радиопередачи ВЧ диапазона.

4. В результате значительного роста электронной концентрации в нижней ионосфере интегральный коэффициент поглощения увеличивается в 10–30 раз, приводя к существенному снижению отношения сигнал/шум на радиопередачах НЧ, СЧ и ВЧ диапазонов. При этом в ОНЧ диапазоне имеют место значительные фазовые искажения.

5. Рост интенсивности неоднородной структуры сопровождается ростом многолучевости в ВЧ диапазоне радиоволн, а также усилением мерцаний уровня радиосигналов в ОВЧ и УВЧ диапазонах. Последнее в ряде случаев приводит к нарушению функционирования радиопередачи на трассах Земля – космос и космос – Земля.

## ЭФФЕКТЫ СЛАБОЙ ГЕОКОСМИЧЕСКОЙ БУРИ

20–21 ЯНВАРЯ 2010 г.

С. А. Пазюра<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

*ion@kpi.kharkov.ua*

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

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

Умеренные ионосферные бури возникают значительно чаще, чем сильные, но их исследованию уделяется меньше внимания, а их эффекты остаются малоизученными.

Целью работы является сравнительный анализ динамических процессов в ионосфере в течение 20–21 января 2010 г. с динамическими процессами, сопровождавшими магнитные бури (МБ) большой интенсивности. МБ 20–21 января 2010 г. интересна тем, что она имела место вскоре после продолжительного минимума солнечной активности (СА). Итоги работы по исследованию и моделированию динамических процессов в ионосфере в течение весьма умеренной МБ сводятся к следующему.

С 20 на 21 января 2010 г. над Харьковом наблюдалось слабое ионосферное возмущение с максимальным уменьшением критической частоты до 17 %. С началом МБ уменьшение концентрации электронов  $N_mF2$  составило около 30 %, а в период отрицательного возмущения – до 34 %. 21 января уже началась фаза восстановления. Во время бури дневная температура электронов немного уменьшилась (до 50–200 К в диапазоне высот 200–750 км). Выявлены значительные суточные вариации температуры электронов и ее локальный минимум около полудня, что характерно для минимума СА. Температура ионов изменялась незначительно (не более чем на 50 К). Также выявлено, что слабое отрицательное ионосферное возмущение практически не повлияло на поведение температуры нейтрального газа.

В результате моделирования показано, что во время слабого отрицательного возмущения концентрации молекулярного азота  $N(N_2)$  и кислорода  $N(O_2)$  немного уменьшились (примерно на 13 % и 11 % соответственно), а параметр  $p = N(O)/(N(N_2)+N(O_2))$  увеличился на 7 %.

По расчетам теплового режима ионосферы видно, что днем 21 января на высоте  $h = 300$  км потери энергии электронов в кулоновских соударениях с ионами преобладают над потерями, связанными со столкновениями электронов с нейтралами. 22 января (после бури) вклад двух механизмов охлаждения электронов сравнился. 21 января скорости нагрева электронного газа и теплообмена электронов с ионами и атомами кислорода уменьшились.

Как и следовало ожидать, весьма умеренная МБ сопровождалась в целом незначительными изменениями параметров ионосферы и ионосферного канала распространения радиоволн.

## ДИНАМИКА ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ПЕРИОД НИЗКОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Ю. В. Черняк, И. Е. Захаренкова, И. И. Шагимурагов

Западное отделение ИЗМИРАН, Калининград, Россия

*tcherniak@ukr.net*

В конце 23 и в начале нового 24 цикла солнечной активности на фоне спокойной геомагнитной обстановки произошло несколько возмущений – геомагнитных суббурь. Возмущения, вызвавшие наиболее заметную реакцию в ионосфере, произошли 11 октября 2008 года (Dst -60), 22 июля 2009 года (Dst -79) и в мае 2010 (2–3 мая 2010 года с Dst -67, 29 мая 2010 года с Dst -80 нТ). В данной работе исследованы особенности пространственно-временной реакции ионосферы на эти события для Европейского региона. Для анализа использовались результаты мультиинструментальных радиофизических наблюдений в Европе. Для оценки общих характеристик возмущений проанализированы значения  $f_oF2$  ионозондов Kaliningrad, Pruhonice, Juliusruh, Rome. Изменения высотной структуры регистрировались по данным радиозатменного зондирования. Особенности пространственной структуры возмущений анализировались с использованием карт полного электронного содержания (ТЕС) над Европой и вариации ТЕС, полученных по данным стационарных GPS станций, ориентированных по долготе.

Каждое из рассматриваемых геомагнитных возмущений с примерно одинаковой магнитудой вызвала различную по амплитуде, знаку и длительности реакцию ионосферы, наблюдался различный пространственный характер возмущений. Так, относительно небольшое возмущение 11 октября 2008 года вызвало позитивную ионосферную бурю. Зарегистрировано увеличение более чем в 2 раз ТЕС и электронной концентрации, а так же увеличение высоты слоя F2 на  $\sim 100$  км. Подобные эффекты также наблюдались и во время двухфазной ионосферной бури 2 мая 2010 г. Длительность позитивных фаз – 5–6 часов, возмущение наиболее выражено на широтах 60–40N. Отрицательные ионосферные бури 22.07.2009, 3.05.2010 и 29.05.2010 наибольшую амплитуду (до двух раз в ТЕС и  $N_e$ ) имели на широтах более 50. Наиболее быстро концентрация электронов в ионосфере восстановилась после события 22.07.2009, длительность отрицательной фазы не превышала 30 часов. Длительность отрицательных ионосферных возмущений в мае 2010 составляла  $\sim 40$  ч для первого и  $\sim 60$  – для второго.

Приводятся результаты измерений и обработки данных радиофизических средств диагностики ионосферы. Рассматриваются механизмы возникновения позитивных ионосферных бурь вызванных умеренными геомагнитными возмущениями.

## РЕАКЦИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОХОЖДЕНИЕ МАГНИТОСОПРЯЖЁННОГО СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА

Л. Ф. Черногор, М. А. Шамота

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, Украина

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

Целью настоящей работы является изложение результатов анализа параметров пульсаций геомагнитного поля вблизи г. Харькова, сопутствовавших прохождению СТ через магнитосопряжённую точку.

Для анализа использовались данные за 2002–2008 гг., полученные при помощи высокочувствительного магнитометра-флюксметра (чувствительность 0,5–500 пТл в диапазоне периодов 1–1000 с соответственно). Для обнаружения эффектов, связанных с движением СТ через магнитосопряжённую область применялись статистический и системный спектральный анализы. Определению подлежали основные параметры возможной реакции геомагнитного поля на движение СТ через магнитосопряжённую область. Обработка проводилась для двух сезонов: вблизи летнего и зимнего солнцестояний. Именно в эти сезоны целесообразно наблюдать предполагаемые эффекты, так как прохождение СТ через магнитосопряжённую точку опережает прохождение СТ над Харьковом на 1,5–2 часа. Исследования эффектов СТ в магнитном поле проведены нами в работах [1, 2]. Для СТ были характерны два типа возмущений с запаздываниями: 27–32 и 76–90 мин соответственно. Они представляли собой квазипериодические процессы с преобладающими периодами 9–11 мин и длительностями 50–60 мин.

Проведенные статистический и системный спектральный анализы позволили обнаружить и определить основные параметры волновых возмущений, опережавших прохождение СТ на высоте 100 км над Харьковом. Время опережения составляло 85–100 мин. Волновые возмущения имели преобладающие периоды 9–11 мин и длительности 50–60 мин. Эффекты прохождения СТ над Харьковом и через магнитосопряжённую область в целом были подобными.

Эти эффекты происходили практически одновременно с прохождением СТ через магнитосопряжённую область, следовательно, можно предположить, что волновые возмущения имеют магнитогидродинамическую природу и скорость распространения 2–5 км/с.

**Литература:** 1. Черногор Л.Ф., Шамота М.А. Геомагнитные пульсации вблизи г. Харькова, сопровождавшие прохождение солнечного терминатора. Результаты спектрального анализа // *Космічна наука і технологія*. – 2009. – Т. 15, № 5. – С. 43–51. 2. Черногор Л.Ф., Шамота М.А. Геомагнитные пульсации вблизи г. Харькова, сопровождавшие прохождение солнечного терминатора. Результаты статистического анализа // *Космічна наука і технологія*. – 2009. – Т. 15, № 6. – С. 14–19.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ СКОРОСТИ ДРЕЙФА ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ В ПЕРИОД НИЗКОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А. А. Щербаков

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

*scherbakov@iszf.irk.ru*

Теоретическое и экспериментальное изучение динамики ионосферы занимает важное место в международных геофизических и космических исследованиях, так как параметры скоростей движений нейтральной и ионизированной компонент ионосферной плазмы необходимы для построения физических моделей верхней атмосферы, исследования физической природы взаимодействия различных атмосферных слоёв, а так же для решения ряда прикладных задач.

Все виды движений в ионосфере можно грубо разделить на два класса – ветры и дрейфы. Когда говорят о ветрах в ионосфере, то имеют в виду, как правило, именно движения нейтральной атмосферы. Основным управляющим процессом для которых является неравномерное нагревание и охлаждение атмосферы, и действие возникающих при этом градиентов давления.

Когда говорят об ионосферных дрейфах, то имеют в виду дрейф ионизированной компоненты в целом или движение неоднородностей ионизации в окружающей плазме под действием сторонних сил. На ионизированную компоненту в общем случае действует три категории сил: диффузионные процессы, связанные с наличием градиента гравитации и электронной концентрации; электрические поля; и движения нейтральных частиц.

Основные радиофизические методы изучения движений в ионосфере в настоящее время базируются на исследовании влияния среды на радиосигнал в ней распространяющийся. Есть несколько «классических» путей получения лучевых скоростей из НР спектра. Но чаще всего используют спектральный метод или подгонку фазы автокорреляционной функции (АКФ), так как лучевая скорость соответствует доплеровскому смещению частоты. Разработанная и апробированная на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР) корреляционная методика получения скорости дрейфа плазмы основывается на анализе фазы АКФ сигнала НР.

В докладе представлено исследование данных о скорости дрейфа ионосферной плазмы, полученных на ИРНР в период низкой солнечной активности в 2008–2009 годах. Проведено сравнение суточного хода скорости дрейфа ионосферной плазмы с поведением высоты максимума ионизации  $hmF2$ . Проанализирована среднесуточная динамика по сезонам года. Проведено сопоставление с результатами, полученными на других среднеширотных установках НР.

Конференция молодых учёных

ДИСТАНЦИОННОЕ  
РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ  
ИОНОСФЕРЫ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

12 – 15 апреля 2011 г.  
г. Харьков, Украина

Компьютерная вёрстка: Богомаз А.В.

---

© 2011, 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*