

Институт ионосферы

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Конференция молодых учёных

ДИСТАНЦИОННОЕ
РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ
ИОНОСФЕРЫ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

*6 – 9 апреля 2010 г.
г. Харьков, Украина*

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

Домнин И.Ф., председатель, д.т.н., проф., Институт ионосферы НАН и МОН Украины
Пуляев В.А., зам. председателя, д.т.н., проф., Институт ионосферы НАН и МОН 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 МОН Украины
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., к.ф.-м.н., ХНУРЭ
Лисачук Г.В., д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»
Марченко А.П., д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»
Михайлов А.В., д.ф.-м.н., проф., ИЗМИРАН
Николаенко А.П., д.ф.-м.н., проф., ИРЭ имени А.Я. Усикова НАН Украины
Потехин А.П., чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф., ИСЗФ СО РАН
Разказовский В.Б., д.т.н., проф., ИРЭ имени А.Я. Усикова НАН Украины
Рогожский Е.В., д.ф.-м.н., проф., НТУ «ХПИ»
Сокол Е.И., д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»
Таран В.И., д.ф.-м.н., проф., Институт ионосферы НАН и МОН Украины
Черемных О.К., д.ф.-м.н., проф., Институт космических исследований НАН и НАН 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

Ляшенко М.В., учёный секретарь конференции, к.ф.-м.н., Институт ионосферы

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Бурмака В.П. – научный сотрудник, Институт ионосферы
Барабаш В.В. – младший научный сотрудник, Институт ионосферы
Белозёров Д.П. – младший научный сотрудник, Институт ионосферы
Богомаз А.В. – младший научный сотрудник, Институт ионосферы
Котов Д.В. – младший научный сотрудник, Институт ионосферы
Мирошников А.Е. – младший научный сотрудник, Институт ионосферы
Фисун А.В. – младший научный сотрудник, Институт ионосферы
Козлов С.С. – ассистент, НТУ «ХПИ»
Рымарь С.И. – ассистент, НТУ «ХПИ»

СОДЕРЖАНИЕ

Программа конференции	5
К 125-летию НТУ «ХПИ»	8
Институт ионосферы НАН и МОН Украины	11
Пленарные заседания	13
<i>Пуляев В.А.</i> Потенциальные возможности метода некогерентного рассеяния радиоволн	14
<i>Черногор Л.Ф.</i> Физика геокосмоса и космической погоды	15
<i>Лазоренко О.В.</i> Современные методы обработки радио- и геофизических сигналов	16
Секция 1. Радиотехнические средства и методы	17
<i>Коптяева А.С., Пуляев В.А.</i> Особенности цифрового преобразования ионосферных сигналов	18
<i>Лозбин А.Ю., Инчин А.С., Шпади Ю.Р.</i> Проект казахстанской космической системы научного назначения для исследования предвестников землетрясений и других эффектов в верхней ионосфере	19
<i>Лялюк А.И., Чепурной Я.Н., Черняев С.В.</i> Методы настройки и текущего контроля поляризационных характеристик зеркальных антенн	20
<i>Слинько Д.А., Пуляев В.А.</i> Вопросы идентичности многоканального преобразования данных в радарх НР	21
<i>Тибаев С.Т., Нокель В.П., Ямпольский Ю.С.</i> Разработка метода исследования ионизированной плазмы симметричным двойным зондом Ленгмюра	22
<i>Фисун А.В., Скворцов Т.А.</i> Способы калибровки радара некогерентного рассеяния	23
<i>Черняк Ю.В., Скляров И.Б., Барабаш В.В.</i> Сравнительная оценка высотного распределения электронной концентрации ионосферы по данным ионозонда и радара некогерентного рассеяния	24
<i>Esam Hamza.</i> Effect of ground control points location and distribution on geometric correction accuracy of remote sensing satellite images	25
Секция 2. Обработка и представление сигналов	26
<i>Баранова К.С., Пуляев В.А.</i> Особенности алгоритмов расчета параметров ионосферной плазмы	27
<i>Белозеров Д.П., Скворцов Т.А.</i> Марковская модель некогерентно рассеянного ионосферой сигнала	28

<i>Вишинивецкий О.В.</i> Нелинейный время-частотный анализ высокоэнергетических процессов в ионосфере	29
<i>Колчев А.А., Недопёкин А.Е., Шумаев В.В.</i> Характеристики шумов КВ диапазона на выходе системы сжатия в частотной области	30
<i>Колчев А.А., Шпак Д.Г.</i> Построение модели передаточной функции КВ- радиоканала по данным ЛЧМ-зондирования ионосферы	31
<i>Кузьмич А.А., Лизунов Г.В.</i> Спектральный анализ спутниковых измерений атмосферных гравитационных волн	32
<i>Кушнарченко В.Н., Пуляев В.А.</i> Алгоритмы расчета автокорреляционной функции сигнала некогерентного рассеяния	33
<i>Лазоренко С.В.</i> Вейвлет-анализ в задачах дистанционного радиозондирования геокосмоса	34
<i>Сумарук Т.П.</i> Обработка данных геомагнитных обсерваторий Украины ...	35
<i>Черкашин К.В., Козиенко Л.В.</i> Исследование характеристик нестационарных сигналов по данным трансionoсферного зондирования ..	36
Секция 3. Ионосферная информатика	37
<i>Богомаз А.В., Козлов С.С., Пуляев В.А.</i> О возможности применения формата XML для хранения ионосферных данных	38
<i>Богомаз А.В., Пуляев В.А.</i> Работа с данными многоканального коррелятора радара некогерентного рассеяния	39
<i>Чеган А.Е., Пуляев В.А.</i> Цифровые методы обмена ионосферной информацией между удаленными потребителями	40
<i>Щирый А.О.</i> Программные средства вторичной обработки экспериментальных данных наклонного радиозондирования ионосферы...	41
Секция 4. Физика ионосферы и моделирование процессов	42
<i>Бару Н.А., Колосков А.В.</i> Исследование связи вариаций электромагнитных полей УНЧ-СНЧ диапазона с сейсмической активностью	43
<i>Бурмака В.П.</i> Волновые возмущения в ионосфере во время умеренного землетрясения в Греции	44
<i>Котов Д.В., Черногор Л.Ф.</i> Особенности моделирования корреляционной функции некогерентно рассеянного сигнала	45
<i>Котов Д.В., Черногор Л.Ф.</i> Результаты моделирования методических погрешностей определения АКФ НР-сигнала и параметров ионосферной плазмы	46
<i>Ляшенко М.В.</i> Сезонные вариации концентрации электронов в ионосфере на разных фазах 23-го цикла солнечной активности	47
<i>Мирошников А.Е.</i> Моделирование вертикальной компоненты диффузионной скорости ионосферной плазмы	48

<i>Панасенко С.В., Черногор Л.Ф.</i> Оптимальное обнаружение кратковременных квазипериодических процессов в ионосфере	49
<i>Панасенко С.В., Черногор Л.Ф.</i> Параметры волновых возмущений в ионосфере с использованием теории оптимального оценивания	50
<i>Ретьман Д.О., Подъячий Ю.И.</i> Исследование возмущений ионосферной плазмы, вызванных запусками тяжёлых космических ракет	51
<i>Савинов В.О., Деденок В.П., Мигура Е.В., Флерко С.Н.</i> Параметрическая адаптация моделей ионосферы с использованием GNSS технологий	52
<i>Скороход Т.В., Лізунов Г.В.</i> Глобальний розподіл акустико-гравітаційних хвиль в іоносфері за даними супутника DE 2	53
<i>Скороход Т.В., Лізунов Г.В.</i> Локалізовані хвильові пакети акустико-гравітаційних хвиль в іоносфері Землі	54
<i>Черногор Л.Ф., Шамота М.А.</i> Суточные вариации уровня геомагнитных пульсаций	55
<i>Черногор Л.Ф., Шамота М.А.</i> Геомагнитные пульсации в период стартов ракет	56
<i>Яковец А.Ф., Нурмуханбетова К.Ж., Водяников В.В., Гордиенко Г.И.</i> Статистика крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений над Алматой	57
<i>Леонтьев А.Ю., Лізунов Г.В.</i> О возможности проникновения АГВ от приземных источников в верхнюю термосферу	58

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

6 апреля 2010 г, вторник

Заезд участников

7 апреля 2010 г, среда

9⁰⁰ – 9³⁰
9³⁰ – 10⁰⁰

*Регистрация
Открытие конференции
Пленарные заседания*

10⁰⁰ – 10⁴⁰ Пуляев В.А. Потенциальные возможности метода некогерентного рассеяния радиоволн
10⁴⁰ – 11²⁰ Черногор Л.Ф. Физика геокосмоса и космической погоды
11²⁰ – 12⁰⁰ Лазоренко О.В. Современные методы обработки радио- и геофизических сигналов

12⁰⁰ – 13⁰⁰

*Перерыв на обед
Секционные доклады*

13⁰⁰ – 13¹⁵ Лозбин А.Ю., Инчин А.С., Шпади Ю.Р. Проект казахстанской космической системы научного назначения для исследования предвестников землетрясений и других эффектов в верхней ионосфере
13¹⁵ – 13³⁰ Бару Н.А., Колосков А.В. Исследование связи вариаций электромагнитных полей УНЧ-СНЧ диапазона с сейсмической активностью
13³⁰ – 13⁴⁵ Бурмака В.П. Волновые возмущения в ионосфере во время умеренного землетрясения в Греции
13⁴⁵ – 14⁰⁰ Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Особенности моделирования корреляционной функции некогерентно рассеянного сигнала
14⁰⁰ – 14¹⁵ Котов Д.В., Черногор Л.Ф. Результаты моделирования методических погрешностей определения АКФ НР-сигнала и параметров ионосферной плазмы
14¹⁵ – 14³⁰ Ляшенко М.В. Сезонные вариации концентрации электронов в ионосфере на разных фазах 23-го цикла солнечной активности
14³⁰ – 14⁴⁵ Мирошников А.Е. Моделирование вертикальной компоненты диффузионной скорости ионосферной плазмы

14⁴⁵ – 15¹⁵

Кофе-брейк

15¹⁵ – 15³⁰ Панасенко С.В., Черногор Л.Ф. Оптимальное обнаружение кратковременных квазипериодических процессов в ионосфере
15³⁰ – 15⁴⁵ Панасенко С.В., Черногор Л.Ф. Параметры волновых возмущений в ионосфере с использованием теории оптимального оценивания
15⁴⁵ – 16⁰⁰ Савинов В.О., Деденок В.П., Мигура Е.В., Флерко С.Н. Параметрическая адаптация моделей ионосферы с использованием GNSS технологий
16⁰⁰ – 16¹⁵ Скороход Т.В., Лізунов Г.В. Глобальний розподіл акустико-гравітаційних хвиль в іоносфері за даними супутника DE 2
16¹⁵ – 16³⁰ Скороход Т.В., Лізунов Г.В. Локалізовані хвильові пакети акустико-гравітаційних хвиль в іоносфері Землі
16³⁰ – 16⁴⁵ Яковец А.Ф., Нурмуханбетова К.Ж., Водяников В.В., Гордиенко Г.И. Статистика крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений над Алматой
16⁴⁵ – 17⁰⁰ Ретьман Д.О., Подъячий Ю.И. Исследование возмущений ионосферной плазмы, вызванных запусками тяжёлых космических ракет

17³⁰

Фуршет

8 апреля 2010 г, четверг

Секционные доклады

- 9⁰⁰ – 9¹⁵ Черкашин К.В., Козиенко Л.В. Исследование характеристик нестационарных сигналов по данным трансionoсферного зондирования
- 9¹⁵ – 9³⁰ Колчев А.А., Шнак Д.Г. Построение модели передаточной функции КВ-радиоканала по данным ЛЧМ-зондирования ионосферы
- 9³⁰ – 9⁴⁵ Колчев А.А., Недопёкин А.Е., Шумаев В.В. Характеристики шумов КВ диапазона на выходе системы сжатия в частотной области
- 9⁴⁵ – 10⁰⁰ Щирый А.О. Программные средства вторичной обработки экспериментальных данных наклонного радиозондирования ионосферы
- 10⁰⁰ – 10¹⁵ Черногор Л.Ф., Шамота М.А. Суточные вариации уровня геомагнитных пульсаций
- 10¹⁵ – 10³⁰ Черногор Л.Ф., Шамота М.А. Геомагнитные пульсации в период стартов ракет
- 10³⁰ – 10⁴⁵ Тибаев С.Т., Нокель В.П., Ямпольский Ю.С. Разработка метода исследования ионизированной плазмы симметричным двойным зондом Ленгмюра

Кофе-брейк

- 10⁴⁵ – 11¹⁵ Коптяева А.С., Пуляев В.А. Особенности цифрового преобразования ионосферных сигналов
- 11¹⁵ – 11³⁰ Богомаз А.В., Козлов С.С., Пуляев В.А. О возможности применения формата XML для хранения ионосферных данных
- 11³⁰ – 11⁴⁵ Богомаз А.В., Пуляев В.А. Работа с данными многоканального коррелятора радара некогерентного рассеяния
- 11⁴⁵ – 12⁰⁰ Слинько Д.А., Пуляев В.А. Вопросы идентичности многоканального преобразования данных в радарах НР
- 12⁰⁰ – 12¹⁵ Чаган А.Е., Пуляев В.А. Цифровые методы обмена ионосферной информацией между удаленными потребителями
- 12¹⁵ – 12³⁰ Белозеров Д.П., Скворцов Т.А. Марковская модель некогерентно рассеянного ионосферой сигнала
- 12³⁰ – 12⁴⁵ Esam Hamza. Effect of ground control points location and distribution on geometric correction accuracy of remote sensing satellite images

Перерыв на обед

Секционные доклады

- 14⁰⁰ – 14¹⁵ Кузьмич А.А., Лизунов Г.В. Спектральный анализ спутниковых измерений атмосферных гравитационных волн
- 14¹⁵ – 14³⁰ Леонтьев А.Ю., Лизунов Г.В. О возможности проникновения АГВ от приземных источников в верхнюю термосферу
- 14³⁰ – 14⁴⁵ Баранова К.С., Пуляев В.А. Особенности алгоритмов расчета параметров ионосферной плазмы
- 14⁴⁵ – 15⁰⁰ Черняк Ю.В., Скляров И.Б., Барабаш В.В. Сравнительная оценка высотного распределения электронной концентрации ионосферы по данным ионозонда и радара некогерентного рассеяния
- 15⁰⁰ – 15¹⁵ Лялюк А.И., Чепурной Я.Н., Черняев С.В. Методы настройки и текущего контроля поляризационных характеристик зеркальных антенн
- 15¹⁵ – 15⁴⁵ Фисун А.В., Скворцов Т.А. Способы калибровки радара некогерентного рассеяния
- 15⁴⁵ – 16⁰⁰ Вишиневский О.В. Нелинейный время-частотный анализ высокоэнергетичных процессов в ионосфере
- 16⁰⁰ – 16¹⁵ Лазоренко С.В. Вейвлет-анализ в задачах дистанционного радиозондирования геокосмоса
- 16¹⁵ – 16³⁰ Кушнарченко В.Н., Пуляев В.А. Алгоритмы расчета автокорреляционной функции сигнала некогерентного рассеяния
- 16³⁰ – 16⁴⁵ Сумарук Т.П. Обработка данных геомагнитных обсерваторий Украины

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2010)

6 – 9 апреля 2010 г.

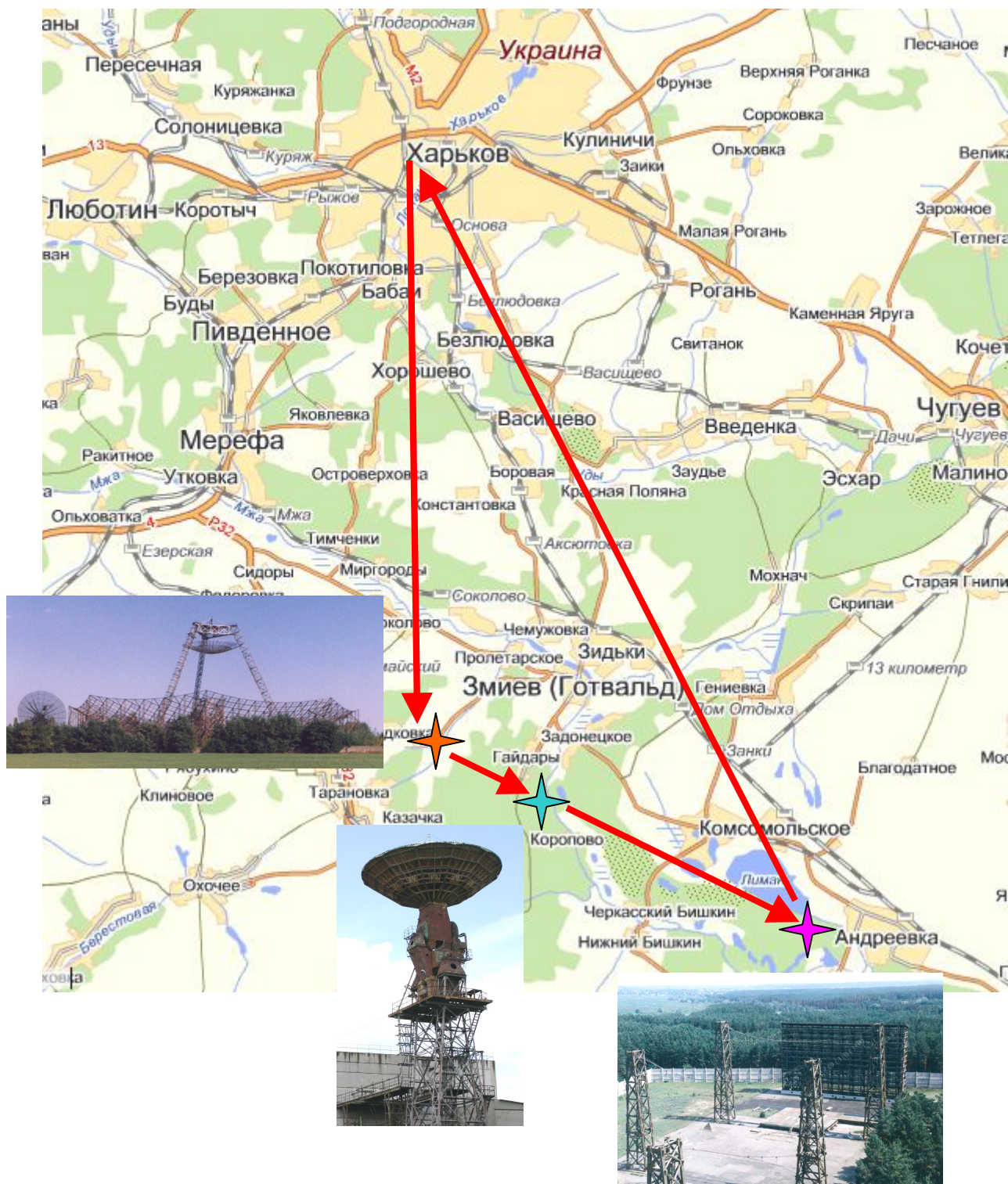
г. Харьков, Украина

9 апреля 2010 г, пятница

9⁰⁰ – 18⁰⁰

Экскурсия

Ионосферная обсерватория Института ионосферы (г. Змиёв),
Радиофизическая обсерватория ХНУ имени В.Н. Каразина (с. Гайдары),
Экспериментальная база НИПКИ «Молния» (пгт. Андреевка)



К 125-ЛЕТИЮ НТУ «ХПИ»

В 2010 году Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» отмечает 125-летие со дня основания. В своём развитии университет прошел долгий и знаменательный путь. Тысячи его ученых и преподавателей, сотни тысяч выпускников внесли достойный вклад в развитие отечественной и мировой науки, техники и промышленности, высшей школы.

Решение об основании технического вуза было принято правительством Российской империи в 1870 году. Однако открытие Харьковского практического технологического института состоялось только 16 апреля 1885 года. Первым директором института был назначен выдающийся учёный в области механики и сопротивления материалов, талантливый организатор высшего образования профессор из Санкт-Петербурга В.Л. Кирпичев.

В 1898 году вуз получил название Харьковский технологический институт. Становление ХТИ проходило при активном участии ученых Харьковского университета.

Одна из основных традиций университета – единство образовательной и научной деятельности. Своей мощной научно-образовательной структурой сегодняшний НТУ «ХПИ» обязан основателям научных школ – выдающимся учёным: академику А.Н. Ляпунову – основателю теории устойчивости, Н.Н. Бекетову – основателю физической химии, одному из пионеров рентгенологии – профессору М.Д. Пильчикову и многим другим. В стенах университета начал свою научную деятельность выдающийся ученый – гидродинамик Г.Ф. Проскура.

В 1930 году ХТИ был переименован в Харьковский политехнический институт, который был разделён на 5 самостоятельных вузов – авиа-моторный институт (ХАМИ), инженерно-строительный институт (ХИСИ), химико-технологический институт (ХХТИ), механико-машиностроительный институт (ХММИ) и электро-технический институт (ХЭТИ).

Расцвет советской физики и её стремительный выход на мировую арену тесно связан с созданием в Харькове по инициативе академика А.Ф. Иоффе Украинского физико-технического института (УФТИ). Подготовка кадров для этого института проводилась на базе физико-механического факультета, организованного в ХММИ. Среди основателей физико-механического факультета были такие выдающиеся ученые как К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, Л.Д. Ландау. Физмех ХММИ становится вместе с УФТИ ведущим образовательным центром для многих отраслевых институтов и промышленных предприятий. Физическая школа А.Ф. Иоффе, его система подготовки научных кадров получает мировое признание. Здесь же зарождается школа Л.Д. Ландау. Уже первые выпуски Физмеха дали стране учёных с мировым именем – среди них ученики и соавторы Ландау – Е.М. Лифшиц и И.М. Лифшиц.

Тесные научные контакты сохранились с Харьковским физико-техническим институтом и в послевоенные годы.

В эти же годы широко известными были научные школы профессоров: Е.Е. Фарафонова – литейное производство, В.А. Можарова – металловедение и металлургия и др. Профессор Б.А. Носков в годы Великой Отечественной войны был удостоен Государственной премии за создание новой марки стали. Бывшие выпускники ХПИ Ж.Я. Котин, И.Я. Трашутин и Я.Ю. Вихман стали Героями Социалистического Труда, главными конструкторами военной танковой техники.

С Харьковским политехническим институтом связано и зарождение украинской технической науки в области механики, теории прочности, авиации, ядерной физики и т.д. Именно разработки харьковских политехников положены в основу магистральных тепловозов, мощных турбоагрегатов, ядерных электростанций.

В 1949 году ХММИ, ХХТИ и ХЭТИ объединяют в Харьковский политехнический институт и его ректором назначают доцента М.Ф. Семко. Под его руководством в институте на протяжении 30 лет работали такие известные учёные и педагоги как В.И. Атрощенко, П.П. Бабаков, Я.И. Шнее и многие другие.

Переломным для развития науки стал 1989 год, который ознаменовал начало перехода научно-исследовательской деятельности на новые условия хозяйствования и финансирования. Это требовало от учёных университета участия в национальных программах и конкурсах на получение заказов на важные разработки. В переходный период 80 – 90 г.г. XX в. в ХПИ проводились научные исследования по 22 основным направлениям. В это же время начинают налаживаться деловые и научные контакты с предприятиями и зарубежными фирмами США, Японии, Франции, Италии и других стран.

В 1994 году ХПИ был переименован в Харьковский государственный политехнический университет. Богатый опыт и наличие ведущих научных школ, кадровый потенциал и разветвленные международные связи позволили университету пережить тяжелые 90-е годы XX века.

В 2000 году был подписан Договор между Харьковской областной госадминистрацией и ХГПУ, а также предприятиями региона о внедрении новейших научно-технических разработок в основных отраслях хозяйства Харьковской области. Это разработки в области сельскохозяйственной техники, энерго- и ресурсосбережения, высоких IT-технологий и др.

Учитывая общегосударственное и международное признание результатов деятельности и значительный вклад в развитие высшего образования и науки, Указом Президента Украины от 11 сентября 2000 года ХГПУ получил статус национального.

Путь НТУ «ХПИ» в независимой Украине – это путь интеграции в европейский и мировой образовательный и научный мир. Университет является

членом 5 международных ассоциаций университетов, кроме того, он вошел в число университетов, подписавших Болонскую декларацию.

Рейтинги независимых исследований отводят НТУ «ХПИ» одно из ведущих мест в Украине. Университет признан ЮНЕСКО вторым техническим вузом в стране после НТУ «КПИ» и занимает общее 5 место среди 200 вузов Украины.

Харьковский политехнический эффективно использует все возможности, которые даёт ему статус национального вуза Украины. НТУ «ХПИ» сегодня – это 24 факультета, 99 кафедр, факультет военной подготовки, военный колледж, станко-инструментальный техникум, Полтавский политехнический колледж, 3 научно-исследовательских института, научно-техническая библиотека с фондом около 2 млн. томов, Межотраслевой институт последипломного образования, Центр дистанционного образования, Центр информационных технологий, центр стратегического планирования, научно-исследовательская часть. Работают магистратура, аспирантура, докторантура. Ежегодно работниками университета защищается более 50 диссертаций. В НТУ «ХПИ» учится 26 тысяч студентов на 96 специальностях, 400 аспирантов, около 1000 иностранцев из 34 стран мира.

НТУ «ХПИ» сегодня – один из ведущих научно-образовательных комплексов системы высшего образования Украины. Единство образовательной и научной деятельности обеспечило ему весомые достижения в подготовке инженерных кадров и научных исследованиях на протяжении всех 125 лет своей истории.

Научные исследования и хозяйственные разработки НТУ «ХПИ» выполняются по заказу таких важных для экономики государства предприятий как ОАО «Харьковский тракторный завод», ГП «ФЭД», ГП «Завод им. Малышева», ОАО «Турбоатом» и др. К этому списку нужно добавить более 100 отечественных фирм и предприятий, а также фирмы России, Австрии, Швейцарии, Индии, Италии и других стран. НТУ «ХПИ» имеет давние и крепкие договоры со 100 университетами из 35 стран мира, принимая участие в выполнении 30 – 35 международных грантов.

Признанием на государственном уровне успехов НТУ «ХПИ» в реализации концепции научной, научно-технической и инновационной политики в системе высшего образования Украины стало присвоение университету статуса «исследовательский». Это, несомненно, будет способствовать более активному участию учёных и преподавателей в решении актуальных проблем высшего образования, науки и техники.

ИНСТИТУТ ИОНОСФЕРЫ НАН И МОН УКРАИНЫ

После окончания Второй мировой войны стремительно начали развиваться такие направления науки и техники, как радиотехника, радиоэлектроника и радиофизика, связанные с быстрым развитием радиолокации и радионавигации.

В 1946 г. по инициативе академика А.А. Слуцкого и проф. С.Я. Брауде в ХЭТИ (впоследствии стал ХПИ) был создан радиотехнический факультет, на котором с 1950 г. начались работы по созданию ионосферной станции под руководством С.Я. Брауде. С помощью этой станции впервые в Украине были исследованы изменения электронной концентрации во время солнечного затмения 30 июня 1954 г. С этого времени в ХПИ началось планомерное изучение среднеширотной ионосферы, в которых активное участие принимал В.И. Таран.

В 1963 г. научно-исследовательская лаборатория ионосферы ХПИ, которую возглавлял В.И. Таран начала заниматься проведением исследований методом некогерентного рассеяния (НР). Аналогичные исследования ионосферной плазмы начали проводиться в США. Первые результаты были получены в научно-исследовательской лаборатории ионосферы методом НР с помощью первой антенны диаметром 30 м в 1972 г. Под руководством профессора В.И. Тарана на полигоне возле г. Змиёва была создана уникальная, единственная в СССР, экспериментальная база с эталонными научными инструментами – радары НР, один – с зенитной параболической антенной диаметром 100 м (Харьковский радар); другой – с полноповоротной антенной диаметром 25 м – а также с нагревным стендом с антенной 300 м на 300 м.

Харьковский радар позволил исследовать ионосферную плазму методом НР и проводить систематичные измерения основных параметров ионосферы (электронной концентрации, температур электронов и ионов, скорости переноса ионосферной плазмы, относительной концентрации молекулярных и атомарных ионов) в широком диапазоне высот (100 – 1500 км).

Научно-исследовательская лаборатория ионосферы в 1991 г. преобразовалась в Институт ионосферы, директором которого был назначен доктор физ.-мат. наук, проф. Виталий Иванович Таран. Экспериментальная база Института ионосферы Постановлением Кабинета Министров Украины в 2001 г. была внесена в Государственный реестр научных объектов, которые представляют Национальное достояние Украины.

Ионосферная обсерватория Института ионосферы отвечает уровню современных исследовательских центров США и Северной Европы.



Зенитная параболическая антенна диаметром 100 м (Харьковский радар)

В Институте ионосферы с 1996 г. совместно с Обсерваторией Хэйстек Массачусетского технологического института и Обсерваторией Аресибо Корнельского университета (США) проводились регулярные исследования высотно-временных зависимостей относительной концентрации лёгких ионов методом НР согласно Международному геофизическому календарю.

Совместные исследования ионосферы с Обсерваториями Хэйстек и Аресибо позволили обнаружить долготные и широтные вариации концентрации ионов водорода.

С 2009 г. Институт ионосферы НАН и МОН Украины возглавляет доктор техн. наук, профессор И.Ф. Домнин.

Основными научными направлениями проводимых Институт ионосферы исследований являются:

- исследования влияния на ионосферу стартов ракет и мощного коротковолнового излучения;
- исследования ионосферной плазмы в периоды магнитных бурь и солнечных затмений;
- работы по развитию региональной модели ионосферы по данным НР.

«ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ» (ИОН-2010)

6 – 9 апреля 2010 г.

г. Харьков, Украина

ПЛЕНАРНЫЕ
ЗАСЕДАНИЯ

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН

В. А. Пуляев

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

pulyayev@kpi.kharkov.ua

Цель доклада – освещение потенциальных возможностей научно-исследовательских средств дистанционного зондирования ионосферной плазмы, использующих метод некогерентного рассеяния (НР) радиоволн [1].

В докладе указывается, что характеристики ионосферной плазмы, такие как концентрация электронов, температура электронов и ионов, ионный состав, скорость переноса плазмы и прочие могут быть использованы как инструмент диагностики поведения геокосмоса. На примере особенностей построения технических систем харьковского радара НР [2] приводятся метрологические характеристики подобных радиолокационных установок. Также уточняются особенности облучения ионосферы сложными зондирующими сигналами, позволяющими получать наземным радиолокационным методом параметры плазмы на высотах вплоть до 1000 ... 1500 км [3]. Дается пример развития методик анализа и обработки результатов экспериментов, что способствуют минимизации ошибок расчетов статистических характеристик сигнала рассеяния (корреляционных функций и спектров), предназначенных для оценки высотно-временного распределения параметров ионосферной плазмы [4].

В докладе радиолокатор НР представляется как автоматизированный комплекс средств для дистанционного мониторинга окружающей среды. Демонстрируются возможности радиолокационной аппаратуры, получившей после ее модернизации [5] возможности для проведения точных и надежных радиофизических исследований. Подчеркивается, что инфраструктура сотрудничества ученых в этой области исследований через научные инструменты и международные базы данных способствует их сплочению и позволяет исследователям совместно работать над проблемой понимания верхней атмосферы и физики космического пространства.

Литература: 1. Эванс Дж. В. Теоретические и практические вопросы исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн // ТИИЭР. – 1969. – Т.57, №4. – С. 139 – 175. 2. Пуляев В.А. Автоматизированная система исследования параметров ионосферной плазмы на базе радара НР // Радиотехника. – 2003. – № 135. – С. 78 – 86. 3. Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н. Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом НР. Монография / Харьков: НТУ “ХПИ”, – 2008, – 256 с. 4. Мазманишвили А.С., Пуляев В.А., Рогожкин Е.В. Особенности определения высотных зависимостей параметров ионосферной плазмы при НР радиоволн // Космічна наука і технологія. – Київ, 2004. – Т. 10. – №2/3. – С. 36 – 44. 5. Пуляев В.А., Рогожкин Е.В. и др. Авторские свидетельства СССР № 1371248, 1378602, 1412476, 1457600, 1489406, 1542257, 1629771, 1796935; патенты Украины № 14102, 24531, 27311, 42311, 54301А.

ФИЗИКА ГЕОКОСМОСА И КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Л. Ф. Черногор

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

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

Цель доклада – изложение результатов экспериментальных и теоретических исследований, а также моделирования процессов в системе Солнце – межпланетная среда – магнитосфера – ионосфера – атмосфера – Земля (СМСМИАЗ), вызывающих вариации космической погоды (ВКП).

ВКП обусловлены источниками космического, земного и отчасти антропогенного происхождения. К первым отнесем, прежде всего, нестационарные процессы на Солнце, а также галактические лучи, метеорные потоки и редко наблюдаемые падения крупных космических тел. Ко вторым – землетрясения, извержения вулканов, мощные атмосферные процессы (циклоны, ураганы, смерчи, грозы) и т. п. К третьим – старты и полеты ракет, высокоэнергетическую технологическую деятельность, региональные войны, аварии на АЭС, катастрофы на военных базах и др. [1 – 3].

Показано, что энергетические характеристики различных источников ВКП часто могут быть сопоставимыми между собой.

Обоснована необходимость системного подхода к исследованию, моделированию и прогнозированию процессов в геокосмосе и ВКП. Решение проблемы осложняется тем, что система СМСМИАЗ – открытая динамическая нелинейная система с многочисленными прямыми и обратными, положительными и отрицательными связями между подсистемами. Системе свойственны сложность процессов, множественность состояний, неоднозначность эволюции, возможность возникновения синергетического воздействия на подсистемы и возникновение самоорганизующихся процессов, эмерджентность (появление новых свойств), наличие спусковых механизмов, проявление триггерных эффектов, появление хаотических режимов, их перемежаемость с квазирегулярными режимами и т.п. [1, 2].

Продemonстрировано, что взаимодействие подсистем в изучаемой системе возникает за счет потоков частиц, вещества и, в частности, плазмы, вариаций квазистатических физических полей и генерации волновых процессов. Рассчитана и смоделирована их роль [1 – 4].

Литература: 1. *Chernogor L.F., Rozumenko V.T.* Earth – Atmosphere – Geospace as an Open Nonlinear Dynamical System // *Radio Physics and Radio Astronomy*. – 2008. – V. 13, № 2. – Pp. 120 – 137. 2. *Черногор Л.Ф.* Радиофизические и геомагнитные эффекты стартов ракет. Монография. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина. – 2009. – 386 с. 3. *Черногор Л.Ф.* Дистанционное радиозондирование атмосферы и космоса.– Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2009. – 500 с. 4. *Черногор Л.Ф.* О нелинейности в природе и науке. Монография. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина. – 2008. – 528 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РАДИО- И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

О. В. Лазоренко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

Oleg-Lazorenko@yandex.ru

Воздействие мощных источников энергоснабжения на околоземное космическое пространство в большинстве случаев сопровождается возникновением целого комплекса различных процессов, многие из которых являются нестационарными, нелинейными, кратковременными, сверхширокополосными, а также имеют фрактальную и мультифрактальную структуру. Часто для анализа и обработки соответствующих сигналов применение традиционных методов, основанных на различных модификациях преобразования Фурье, оказывается малоэффективным. Актуальной является разработка новых методов анализа сигналов.

Целью работы является демонстрация возможностей современных методов анализа при обработке радио- и геофизических сигналов.

Для изучения время-частотной структуры сигналов и процессов предложено использовать возможности как линейных, так и нелинейных преобразований. К группе линейных преобразований относятся непрерывное, аналитическое, дискретное, стационарное вейвлет-преобразования, вейвлет-пакеты, адаптивное преобразование Фурье и преобразование Габора. Нелинейные методы анализа и обработки представлены преобразованиями класса Козна (преобразования Вигнера, Чои – Вильямса, Борна – Жордана и их модификации). Показано, что наибольший эффект при проведении время-частотного анализа радио- и геофизических сигналов достигается при совместном применении как указанных преобразований, так и традиционных динамического преобразования Фурье и спектрограммы Фурье. При этом недостатки одних преобразований компенсируются за счет достоинств других. Такой системный подход реализован в новом синтетическом методе анализа сигналов и процессов – системном спектральном анализе.

Возможности системного спектрального анализа продемонстрированы на многочисленных примерах, связанных с воздействием на околоземное космическое пространство мощных нестационарных источников энергоснабжения, имеющих как антропогенное (мощные взрывы, запуски и полеты ракет, взрыво-магнитные генераторы и т. п.), так и естественное происхождение (землетрясения, взрывы вулканов, мощные метеопроцессы, падения космических тел, геофизические бури, геомагнитные процессы, прохождение солнечного терминатора и др.) [1].

Литература: 1. Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и процессы. Монография. – Х: ХНУ имени В.Н. Каразина. – 2009. – 576 с.

СЕКЦИЯ 1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ СИГНАЛОВ

А. С. Коптяева, В. А. Пуляев

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, Украина

iiion@kpi.kharkov.ua

В докладе рассматривается вариант реализации схемы аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который может быть использован в системе обработки радиолокационной станции для преобразования амплитуды шумоподобных сигналов в цифровой код [1].

Так как сигнал некогерентного рассеяния представляет собой случайную функцию времени, то точность последующих расчетов будет определяться объемом информации, зависящим от количества разрядов цифрового представления этого сигнала [2]. Продемонстрированы варианты преобразования информации в АЦП последовательного и параллельного типа.

Показано, что схема АЦП должна содержать [3 – 4]:

- процессорный элемент;
- блок регулирования уровня сигнала рассеяния на входе процессорного элемента;
- блок для переноса сигнала положительную полуплоскость;
- преобразователь кодов из положительной плоскости;
- выходной регистр для согласования сигналов с нагрузкой;
- панель индикации.

Показан пример использования в качестве процессорного элемента микросхемы K1107ПВ2, которая однако, выполняет функцию 8-разрядного преобразования сигнал/код только для случая изменения входного сигнала в пределах от 0 В до +2 В. Так как сигнал некогерентного рассеяния находится в диапазоне ± 1 В, то требуются операции сложения этого сигнала с постоянным уровнем 1 В и последующее вычитание этого уровня с полученного результата преобразования сигнала на выходе АЦП, но уже в виде постоянного кода, имеющего значение 127.

Литература: 1. *Рогожкин Е.В., Пуляев В.А.* Система обработки некогерентно рассеянного сигнала // Вестник ХПИ. Исследование ионосферы методом некогерентного рассеяния. – Харьков: ХГУ. – 1989. – № 276, Вып. 7. – С. 24 – 30. 2. *Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н.* Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния. Монография / Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – 256 с. 3. *Гиттис Э.И., Пискунов Е.А.* Аналого-цифровые преобразователи. Учебное пособие для ВУЗов. – Москва: Энергоатомиздат. – 1981. – 360 с. 4. http://ru.wikipedia.org/wiki/Аналого-цифровой_преобразователь

**ПРОЕКТ КАЗАХСТАНСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
НАУЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ДРУГИХ ЭФФЕКТОВ В ВЕРХНЕЙ
ИОНОСФЕРЕ**

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

ДТОО «Институт космической техники и технологий», Алматы, Республика Казахстан

Lozbin@mail.ru

Целью проекта является создание космической системы научного назначения для исследования физических явлений в околоземном космическом пространстве, в частности, процессов, предшествующих землетрясениям, отработка технических средств и методов наземно-космического мониторинга предвестников землетрясений, разработка методик обработки и анализа спутниковой информации с целью оценки сейсмической опасности.

Реализация проекта предполагает создание:

1. Космического аппарата: платформы с блоком научной аппаратуры для измерения параметров ионосферы, электромагнитных, оптических и других параметров ближнего космоса.

2. Наземной инфраструктуры: наземного измерительного комплекса для проведения синхронных с КА измерений, наземного комплекса управления КА и наземного целевого комплекса.

3. Методик и технологий обработки и анализа спутниковой информации.

Основные характеристики космического аппарата научного назначения:

- рабочее название КА – «ОМИР» (OMIR – Orbital Monitoring of Ionosphere Radiation)

- масса КА: платформа + полезная нагрузка, кг до 150

- масса полезной нагрузки из общей массы КА, кг до 35

- энергопотребление полезной нагрузки, Вт 30 – 40

- орбита круговая, высота, км 500 – 550

- наклонение орбиты, градусов 98

- срок активного существования, лет не менее 5

Полезная нагрузка КА:

- измеритель параметров электрического поля;

- измеритель параметров магнитного поля;

- плазменный анализатор;

- приемник-анализатор СДВ-НЧ сигналов;

- спектрофотометрическая цифровая камера;

- детектор нейтральных частиц;

- измеритель высотного распределения электронной концентрации;

- монитор космического излучения.

Составные части космической системы предполагается создавать в кооперации научных и производственных организаций России, Франции, Канады, Украины и Казахстана.

МЕТОДЫ НАСТРОЙКИ И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН

А. И. Лялюк, Я. Н. Чепурной, С. В. Черняев

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

lyalyuk_family@inbox.ru

В докладе рассматриваются методы настройки поляризационных характеристик зеркальных антенн [1]. В метровом диапазоне волн из-за эффекта Фарадея мощность принятых сигналов может достигать максимальных и минимальных значений, так называемая фарадеевская модуляция высотного профиля мощности поэтому антенно-фидерная система должна обеспечить передачу и приём сигналов с заданными поляризационными характеристиками, чтобы свести этот эффект к минимуму [2]. Это обеспечивается контролем излучаемого сигнала. При разработке системы контроля на первый план выходят такие параметры как требуемая точность, возможность доступа к системе контроля, сложность конструкции. В докладе рассмотрены случаи настройки антенны при варианте двухканального радиопередающего устройства [3] (в режиме круговой и линейной поляризации), а также проведена сравнительная характеристика между двумя (традиционной и модернизированной) системами контроля. Также в докладе с целью улучшения характеристик двух систем рассмотрена возможность введения в цепь контроля сумматора, выполненного на четвертьволновых отрезках линии [4].

Произведено моделирование системы контроля в CST MicroWaveStudio 5.0. Изготовлен сумматор и определены его характеристики. В ходе испытаний, произведенных на радиолокационной аппаратуре Института ионосферы, система контроля, в цепь которой был включен сумматор, показала более точную настройку на круговую поляризацию по сравнению со случаем его отсутствия. Произведенное моделирование показало правильность подхода, что было подтверждено в ходе ионосферных измерений в ноябре-декабре 2009 года, которые проводились при работе полноповоротной антенны диаметром 25 м, настроенной на работу с круговой поляризацией.

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

ВОПРОСЫ ИДЕНТИЧНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ В РАДАРАХ НР

Д. А. Слинько, В. А. Пуляев

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, Украина

iiion@kpi.kharkov.ua

В докладе рассматривается пример разработки системы управления блоком из нескольких аналого-цифровых преобразователей, которые предназначены к использованию в системе обработки радиолокационной станции некогерентного рассеяния [1].

Уточняется, что на выходе приемника может быть установлен АЦП с небольшим количеством разрядов, что обычно вызвано желанием обеспечить максимальное быстродействие корреляционных каналов специализированного вычислителя, работающего в режиме реального времени. В этом случае, с целью отслеживания амплитуды входного сигнала согласно особенностей динамического диапазона преобразователя, приходится подстраивать коэффициенты усиления видеоустройств приемника радиолокационной станции.

Эту функцию управления можно осуществлять с помощью персонального компьютера. Для реализации эффективного управления создана система на базе цифровых и аналоговых интегральных микросхем [2, 3], которая позволяет достаточно точно установить коэффициенты усиления внутри каждого из каналов и одновременно дает возможность анализировать сигнал на выходе любого канала во время работы системы.

В докладе показано, что подобная система управления блоком АЦП может контролировать параллельную работу до восьми преобразователей включительно. Она состоит из коммутатора входных сигналов, с помощью которого имеется возможность для обработки того или иного канала.

Литература: 1. *Рогожкин Е.В., Пуляев В.А., Лысенко В.Н.* Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом НР. Монография / Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – 256 с. 2. *Федорков Б.Г., Телец В.А.* Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с. 3. *Кононенко Ю.П., Мокан Г.В., Рябов Е.А., Сотский Д.В.* Операционные усилители с быстрым установлением для параллельных АЦП // Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов. / Сборник тезисов, докладов, конференций. Рига: ИЭ и ВТ АН Латв. ССР. – 1986. – С. 101 – 104.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНИЗИРОВАННОЙ ПЛАЗМЫ СИММЕТРИЧНЫМ ДВОЙНЫМ ЗОНДОМ ЛЕНГМЮРА

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

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина

TST482@mail.ru

В активных космических и лабораторных экспериментах [1] широко используется в качестве датчика параметров плазмы симметричный двойной зонд Ленгмюра (СДЗЛ), поскольку он не чувствителен к скорости набегающего потока заряженных частиц плазмы, фотоэффекта, вторичной эмиссии, магнитных полей и т.п.

Наиболее существенный вклад в погрешность СДЗЛ вносит ионный ток, а также емкость двойного слоя, образующегося у его электродов. Результативный учет ионного тока в традиционных алгоритмах требует больших значений анализирующих напряжений, которые могут привести к нарушению физических процессов в плазме (пробою двойного слоя) и росту времени анализа ВАХ [2]. А что касается учета емкости, то вопрос решается путем понижения частоты развертки анализирующего сигнала.

Анализ известных вычислительных алгоритмов для непосредственного определения электронной температуры и концентрации плазмы [3] показал, что повышение точности определения этих параметров требует исключения зависимости результатов анализа ВАХ от изменений ионного тока. Предложен новый вычислительный алгоритм, инвариантный к изменениям ионного тока. Он функционирует при пониженных значениях анализирующих сигналов, что существенно уменьшает погрешность измерений, вызванную изменением ионного тока. Это обстоятельство позволяет увеличить не только точность определения базовых параметров, но и повысить информативность измерений.

Проведено моделирование, которое показало эффективность предложенного метода.

Литература: 1. Козлов О.В. Электрический зонд в плазме. – М.: Атомиздат. – 1969. – 289 с. 2. Тибаев С.Т., Нокель В.П., Ямпольский Ю.С. Метод исследования ионизированного газа в газотурбинных двигателях на основе двойного зонда Ленгмюра // Труды Одесского политехнического университета. – Вып. 2(32) – 2009. – С. 210 – 216. 3. 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.

СПОСОБЫ КАЛИБРОВКИ РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

А. В. Фисун, Т. А. Скворцов

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

an.fesun@mail.ru

Рассмотрена задача измерения высотного профиля концентрации электронов в ионосфере радаром некогерентного рассеяния. Процедура калибровки радара заключается в пересчете профиля из относительных единиц в абсолютные значения электронной концентрации. В настоящее время для калибровки радара используется станция вертикального зондирования (ВЗ) ионосферы.

В докладе рассмотрены три новых способа калибровки радара, основанные на использовании сигналов, отраженных от искусственных космических объектов. Использование этих способов может повысить надежность и точность измерительной системы, а также снизить материальные затраты.

Способы основаны на измерении интегральной концентрации электронов в столбе до высот пролета объектов. Интегральная концентрация измеряется путем оценки групповой и/или фазовой задержки волн, отраженных от объектов. Совместное использование оценки интегральной концентрации и измеренного радаром высотного профиля позволяет осуществить процедуру калибровки.

Рассмотрены особенности реализации предложенных способов. В частности, в харьковском радаре имеются два частотных канала. Поэтому наиболее простым является внедрение способа, основанного на измерении фазового запаздывания. Измерение группового запаздывания требует модернизации приемного устройства.

В то же время, одновременное измерение фазового и группового запаздывания позволяет производить калибровку без использования траекторной информации о космических объектах. При этом используется тот факт, что величина фазового Φ и группового G запаздываний сигналов, обусловленных влиянием ионосферы, связаны с профилем электронной концентрации $N_e(h)$ соотношением

$$G = -\Phi = \frac{40,3}{f^2} \int_h N_e(h) dh = \frac{40,3}{f^2} N_h, \text{ где } f - \text{частота в герцах.}$$

Рассмотрены точностные характеристики предложенных способов.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫСОТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ
ИОНОЗОНДА И РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

Ю. В. Черняк, И. Б. Скляров, В. В. Барабаш

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

therniak@kpi.kharkov.ua

Для исследования квазистационарных и динамических процессов в ионосфере, других задач геофизики необходимо одновременно и с достаточной точностью в широком интервале высот получать информацию об основных параметрах ионосферной плазмы. Наиболее развитыми радиофизическими средствами определения высотного распределения электронной концентрации (N_e) являются методы некогерентного рассеяния (НР) и вертикального зондирования (ВЗ). В состав радиофизических средств Института ионосферы входят радар НР и станция ВЗ. Данные о критической частоте максимума слоя F2 используются при расчете абсолютных значений высотного распределения N_e . В настоящее время на Харьковском радаре НР используется двухчастотный зондирующий сигнал, позволяющий, в частности, определять высотное распределение N_e ионосферы с разрешением по высоте 10 – 20 км, нижняя граница исследуемого высотного диапазона составляет 90 км. Такое высотное разрешение близко к обеспечиваемому станцией ВЗ. Диапазон рабочих высот станции – от 80 км до высоты максимума слоя F2. Доработка аппаратуры станции позволяет регистрировать ионограммы в цифровом виде. Ионограммы после обработки могут быть использованы для восстановления высотного распределения N_e . Для анализа отобранные данные радара и ионозонда, которые соответствовали спокойным геомагнитным условиям для нескольких периодов 2008 – 2010 г. При обращении ионограмм применялась линейная экстраполяция, задача определения профиля межслоевой ионизации по ионограмме не ставилась. Сравнение показывает, что высотное распределение N_e , рассчитанное по данным ионозонда хорошо согласуются профилями N_e полученными методом НР при условии отсутствия ненаблюдаемых областей на ионограмме и наличии на высотно-частотной характеристике четко выраженной нижней границей ионосферы. Так же проведено качественное сравнение ионограмм с ионограммами дигизонда Прухонице (Чехия), расположенного на одной широте с харьковским. Получение ионограмм в цифровом виде и совместная их обработка с данными радара НР позволяет более полно использовать имеющийся набор средств радиозондирования ионосферы. Это даст возможность повысить точность измерения N_e , а также позволит получать информацию о высотном распределении соотношения электронной и ионной температур, которое, в свою очередь, может быть использовано для расчета ионного состава ниже максимума ионизации.

**EFFECT OF GROUND CONTROL POINTS LOCATION AND
DISTRIBUTION ON GEOMETRIC CORRECTION ACCURACY OF
REMOTE SENSING SATELLITE IMAGES**

Esam Hamza

Egyptian Armed Force

esamhamza@hotmail.com

Abstract: Remote sensing imagery, from satellites, is inherently subjected to geometric distortions. Therefore geometric corrections, as preprocessing operations, are normally required prior to imagery analysis and extraction of information.

The most common approach for geometric correction is the use of mapping polynomial. It depends on selection of several clearly discernible points, called ground control points (GCPs), in the distorted image, and map them either to their true positions in ground coordinates (e.g. latitude, longitude) measured from a map, or to georeferenced image (corrected before), coordinates of corresponding points, through a mathematical transformation, that will convert the raw image coordinates into the desired coordinates. The accuracy of the geometric correction process depends mainly on the number of selected GCPs (polynomial order), the identified features on the image (road intersections, airport runway intersections, bends in rivers features and the like), and on the distribution of the selected GCPs over the distorted image area.

The effect of number of GCPs on geometric correction accuracy was presented [1] by the authors and others. In this paper the effect of the selected location of GCPs (the identified features on the image: road intersections, airport runway intersections, bends in rivers features and the like or the others), and the way of distribution of the selected GCPs over the distorted image area on geometric correction accuracy are presented. The Root Mean Square Error (RMS), are calculated and used as a measure of accuracy of the obtained results.

Keywords: Remote sensing satellite imagery, Geometric correction, Image registration, Ground control points, Resampling.

СЕКЦИЯ 2

ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

К. С. Баранова, В. А. Пуляев

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, Украина

iiion@kpi.kharkov.ua

В докладе показывается, что результаты экспериментальных исследований методом некогерентного рассеяния радиоволн включают в себя как первичные данные (высотно-временное распределение автокорреляционных функций и спектров сигнала рассеяния), так и вторичные данные – вычисленные с их помощью параметры ионосферной плазмы. К этим параметрам относятся высотно-временные вариации ионной $T_i(h, t)$ и электронной $T_e(h, t)$ температур ионосферной плазмы.

В докладе приводится пример реализации [1] процедуры решения обратной задачи электромагнитного рассеяния, когда путем идентификации автокорреляционных функций сигнала производится расчет параметров ионосферной плазмы. Демонстрируется, что реальные условия ионосферных измерений таковы, что большинство расчётов осложняется статистической погрешностью, связанной как с наличием помех на фоне весьма слабого сигнала рассеяния, так и погрешностью, обусловленной шумовой природой самого сигнала. И хотя для повышения точности оценок статистических характеристик сигнала вводят накопление результатов за время сеанса от единиц до десятка минут, а затем применяют высотно-временное сглаживание данных, для обеспечения достаточной точности расчётов этого часто бывает недостаточно.

Исходя из таких условий проведения эксперимента, требуются комбинации как простых и быстрых алгоритмов, так и разветвленных и сложных вычислительных процедур получения параметров ионосферной плазмы

Одна из таких процедур реализована с помощью анализа результатов расчетов, когда отыскиваются среднеквадратичные отклонения вида

$$\chi^2(\boldsymbol{\theta}; h_i) = \min_{s \in \mathbf{S}} \sum_{k=1}^K \left[r_{\mathbf{z}}(\boldsymbol{\theta}; \tau_k, h_i) - r_{\mathbf{T}}^s(\boldsymbol{\theta}; \tau_k) \right]^2.$$

С помощью этой процедуры для каждой i -й высоты отыскивается глобальный минимум среди этих отклонений, и в результате – фиксируются те параметры, которые участвовали в образовании теоретической АКФ, участвующей в получении этого минимума.

Литература: 1. Баранова К.С., Пуляев В.А. Особенности алгоритмов расчета параметров ионосферной плазмы // Тез. докл. ХУП международной науч.-техн. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2009. – С. 159.

МАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ НЕКОГЕРЕНТНО РАССЕЯННОГО ИОНОСФЕРОЙ СИГНАЛА

Д. П. Белозеров, Т. А. Скворцов

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

belozеров_dp@mail.ru

Задачи оптимизации радаров некогерентного рассеяния (НР), используемых для исследования ионосферы, решаются на протяжении уже многих лет. Решение этих сложных задач еще далеко от завершения.

Анализ эффективности использования новых зондирующих сигналов, а также качества новых алгоритмов обработки сигналов, может проводиться как методом натурных испытаний, так и методом моделирования.

Натурные испытания являются сложными и дорогостоящими. Кроме того, в условиях работы радара НР экспериментатор не имеет возможности управлять параметрами ионосферы. Поэтому возможности натурных испытаний алгоритмов работы радара НР весьма ограничены или вовсе отсутствуют.

Таким образом, для испытания новых алгоритмов функционирования необходимо разработать компьютерную модель радара.

Известна матричная модель радара, которая может быть положена в основу компьютерной модели.

Ключевой задачей разработки компьютерной модели является моделирование элементов матрицы коэффициентов рассеяния ионосферы. При этом коэффициенты рассеяния должны представлять выборку из нормального случайного процесса с заданным спектром.

Удобной для реализации является марковская модель процесса со спектром, имеющим дробно-рациональный вид. Процесс с таким спектром может быть получен из белого гауссовского шума путем его обработки в линейных фильтрах.

Однако, известные выражения, описывающие спектр НР сигнала, не имеют вида дробно-рациональной функции. Поэтому для моделирования необходимо решить задачу аппроксимации спектра НР сигнала дробно-рациональной функцией.

Указанная задача была решена авторами путем разложения известных спектров НР сигнала в степенной ряд с использованием формулы Тейлора. В результате была найдена зависимость, которая повторяет исходный спектр мощности с погрешностью менее 0,1%.

Найденные коэффициенты разложения ряда Тейлора полностью определяют вид разностных уравнений, позволяющих получить требуемый процесс из исходной некоррелированной гауссовской выборки.

НЕЛИНЕЙНЫЙ ВРЕМЯ-ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ИОНОСФЕРЕ

О. В. Вишнинецкий

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

olegvish81@gmail.com

Время-частотный анализ, основанный на нелинейных преобразованиях класса Козна, является мощным средством для исследования процессов и сигналов различной природы, в том числе и сопровождающих действие мощных нестационарных источников энерговыделения в ионосфере. Возможности таких преобразований существенно превосходят аналогичные возможности традиционных методов, основанных на преобразовании Фурье. Поэтому предлагаемая работа является актуальной.

Цель работы – изложение результатов исследования эффективности использования нелинейных преобразований класса Козна для динамического спектрального анализа высокоэнергетичных процессов в ионосфере.

Основным и наиболее распространенным представителем преобразований класса Козна является преобразование Вигнера (ПВ). Показано, что ПВ имеет высокое время-частотное разрешение, причем для финитных сигналов на время-частотной плоскости не наблюдается уширения носителя как по времени, так и по частоте. Платой за эти преимущества оказывается появление на время-частотной плоскости интерференционных структур, которые возникают при анализе многокомпонентных сигналов, каковыми являются многие реально наблюдаемые сигналы и процессы. Преобразование Чои – Вильямса (ПЧВ) представляет собой один из возможных способов борьбы с наличием интерференционных структур и заключается в усреднении функции спектральной плотности ПВ. В условиях конкретной задачи ПЧВ позволяет достигнуть компромисса между необходимым время-частотным разрешением сигнала и допустимой интенсивностью нежелательных интерференционных структур.

На примере вигнер- и чои – вильямс-анализов реальных сигналов показана эффективность применения нелинейных преобразований для изучения высокоэнергетичных процессов в ионосфере Земли. Рассмотрены результаты анализа временных вариаций полного электронного содержания в ионосфере, зарегистрированных на исследовательской станции в г. Голдстоун (США) во время взрыва вулкана Сент-Хелленс 18 мая 1980 г., а также результаты анализа вариаций уровня флуктуаций геомагнитного поля во время сильнейшей рентгеновской солнечной вспышки 5 декабря 2006 г.

Продemonстрировано, что при совместном использовании ПВ, ПЧВ, а также традиционной спектрограммы Фурье, удастся получить более детальную информацию о время-частотной структуре реальных сигналов, чем в случае применения исключительно традиционных методов анализа.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМОВ КВ ДИАПАЗОНА НА ВЫХОДЕ СИСТЕМЫ СЖАТИЯ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Колчев, А. Е. Недопёкин, В. В. Шумаев

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

agasfer911@yandex.ru

В отличие от случая гармонических и импульсных коротковолновых радиосигналов, вопрос влияния шумов на фазу ЛЧМ сигнала на выходе системы сжатия в частотной области исследован слабо. В данной работе проведены исследования корреляционных свойств и распределения фазы шума на выходе приемника ЛЧМ-ионозонда.

Экспериментальные исследования проводились в течение 2009 г. в г. Йошкар-Ола. Приемник ионозонда был настроен на прием ЛЧМ сигналов в диапазоне 4 – 22 МГц при скорости перестройки частоты ЛЧМ сигнала 100 кГц/с. Было обработано свыше 500000 спектров. Рассчитывались коэффициенты корреляции между амплитудами и фазами спектральных компонент шума, отстоящих друг от друга на 1000 Гц в полосах 250 – 750 Гц и 1250 – 1750 Гц, что соответствует случаю измерения фаз отдельных спектральных компонент амплитудно-модулированного сигнала [1]. Определялись также доля спектров от общего числа и доля частот с шагом 1 Гц, для которых фаза отсчетов имеет равномерный закон распределения на отрезке $[-\pi, \pi]$.

В результате исследований установлено, что коэффициент корреляции амплитуд имеет среднее значение 0,186 со среднеквадратическим отклонением 0,245. Амплитуды в соседних спектрах при смещениях между спектрами от 0,01 до 0,05 с отличаются не более чем на 6 %. Коэффициент корреляции фаз практически не зависит от времени суток и времени года, среднее значение равно нулю, среднеквадратическое отклонение – от 0,03 до 0,1 в зависимости от временного смещения между спектрами. Средняя доля спектров с равномерно распределенной фазой – 0,85, доля частот с равномерно распределённой фазой – 0,89. Радиус корреляции фаз на уровне e^{-1} составил 0,006 с. Таким образом, можно сделать вывод о равномерном распределении фаз шумовых отсчетов и их слабой корреляции.

Литература: 1. Колчев А.А., Недопёкин А.Е., Шумаев В.В. Применение амплитудно-модулированного ЛЧМ сигнала для измерения доплеровского смещения частоты // Труды XV Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (RLNC'2009) – Воронеж: НПФ «Саквойе». – 2009. – Т. 2 – С. 623 – 629.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ КВ-РАДИОКАНАЛА ПО ДАННЫМ ЛЧМ-ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ

А. А. Колчев, Д. Г. Шпак

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

dmtsrshpk@mail.ru

В работе [1] предложена методика восстановления комплексной передаточной функции $K(f)$ КВ радиоканала с частотной дисперсией (время группового запаздывания сигнала τ зависит от частоты) и дискретной многолучевостью на основе данных зондирования ионосферы сигналами с ЛЧМ. Однако она не учитывает дискретность измерений и наличия шумовой составляющей и не рассматривает случай диффузной многолучевости.

В данной работе путем имитационного моделирования исследованы потери при обработке ЛЧМ – сигнала методом сжатия в частотной области из-за неточности в определении $K(f)$. Критерием правильности восстановления $K(f)$ служило отношение P_2/P_1 , где P_1 равно отношению сигнал/шум (S/N) для точно вычисленной $K(f)$, а P_2 – для $K(f)$ определенной по методике предложенной в [1]. Параметры сигнала при моделировании, в соответствии с [1] были приняты следующими: полоса частот сигнала – 1 МГц, полоса элемента сигнала – 100 кГц с длительностью элемента $\Delta T_g = 1$ с, частотное смещение между элементами – 20 кГц, разрешение по $\tau - \tau_r = 10$ мкс.

Установлено, что для $S/N < 13,5$ дБ влиянием шума можно пренебречь ($P_2/P_1 < 3$ дБ), а для $S/N > 13,5$ дБ P_2/P_1 (дБ) = $-3,4 \cdot S/N$ (дБ) + 49. При отсутствии шума $P_2/P_1 > 3$ дБ в окрестности точки $\tau'_o = 5$ мкс/МГц, что связано с выбором τ_r в 10 мкс. При $\tau'_o < 2$ мкс/МГц и $\tau'_o > 12$ мкс/МГц наклон τ'_o не влияет на результаты обработки. Максимальные потери достигают 8 дБ при $\tau'_o = 7,5$ мкс/МГц. Диффузная многолучевость задавалась путем замены

одного луча суммой лучей с частотным смещением между лучами $\Delta f_c \ll \frac{1}{\Delta T_g}$ и амплитудной модуляцией дискретных составляющих по закону $\cos \alpha$, $\alpha \in [-\pi/2; \pi/2]$. При $\tau'_o = 15$ мкс/МГц и двукратном уширении сигнала из-за диффузности выигрыш при обработке при использовании предложенной модели диффузного канала достигал 10 дБ.

Литература: 1. Иванов В.А., Иванов Д.В., Колчев А.А. Коррекция широкополосных коротковолновых ионосферных радиоканалов. Радиотехника и электроника. – 2003. – Т.48. – №6. – С. 688 – 697.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН

А. А. Кузьмич, Г. В. Лизунов

Институт космических исследований, Киев, Украина

andkuzmich@gmail.com

В данной работе представлены результаты наблюдений атмосферных гравитационных волн (АГВ) по данным контактных измерений параметров нейтральной атмосферы на борту низкоорбитального спутника Dynamics Explorer 2 (DE 2). Нами разработана специальная методика обработки данных, имеющая целью выделять волновые пакеты АГВ на фоне крупномасштабных вариаций другой природы, а также восстанавливать спектральный состав АГВ из данных синхронных измерений различных типов атмосферных параметров (вариаций концентрации различных химических компонент атмосферы, температуры, скорости ветра, и т.д.).

Для выявления волновых пакетов АГВ был сконструирован специальный полосовой фильтр, почти прямоугольный в частотной области и компактный во временной. С его использованием были выделены:

- крупномасштабные вариации (тренды),
- волновые формы АГВ в различных частотных диапазонах,
- белый шум, из дисперсии которого была установлена погрешность экспериментальных данных.

Так же была проведена спектральная оценка данных, получены выборочные сглаженные спектры, интервалы достоверности и ширины полосы частот.

Интересно отметить, что реальная точность измерений на DE 2 ($\sim 10^{-3}$ измеряемой величины) оказалась значительно лучше, чем «гарантировали» авторы проекта. Созданные нами алгоритмы позволяют выявлять и анализировать АГВ произвольной (в том числе очень малой) амплитуды. В дальнейшем это открывает возможность наблюдения реальной картины волновой активности верхней атмосферы, а не только очень сильных возмущений, описание которых мы до сих пор только и находим в литературе.

АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СИГНАЛА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

В. Н. Кушнарченко, В. А. Пуляев

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, Украина

iiion@kpi.kharkov.ua

В докладе рассматривается моделирование процедур коррекции и восстановления автокорреляционных функций сигнала некогерентного рассеяния при обработке радиофизической информации на исследовательском радаре Института ионосферы. Приводится описание работы процедур уточнения данных для получения автокорреляционной функции флуктуации электронной плотности из сигнала некогерентного рассеяния с помощью программ персонального компьютера.

Демонстрируется, что в результате ряда методических особенностей коэффициенты корреляции $r_c(\tau, h)$ сигнала рассеяния, который присутствует на входе радара некогерентного рассеяния, не совпадают с коэффициентами корреляции $r_{Ne}(\tau, h)$ флуктуаций электронной плотности в рассеивающем объеме ионосферной плазмы. От корректности и тщательности выполнения операций приведения $r_c(\tau, h)$ к $r_{Ne}(\tau, h)$ и зависит достоверность дальнейших результатов при интерпретации корреляционных функций.

Показано, что вычислительные операции, которые базируются на дальнейшем преобразовании статистических (корреляционных) характеристик сигнала рассеяния [1], в целом направлены на учет степени влияния аппаратных факторов и методических особенностей зондирования, обусловленных использованием различных режимов излучения и обработки импульсных сигналов.

В докладе анализируется процесс приведения, который использует ряд математических преобразований ионосферных данных, наиболее весомый вклад из которых дают те операции, что связаны с учётом [2]:

- метода стробирования данных, нацеленного на образование высотных участков Δh_i нужной протяжённости;
- формирующих свойств зондирующих импульсов, имеющих конечную длительность $T_{и}$;
- формы АЧХ полосового фильтра приёмного канала и т.д.

Литература: 1. Кушнарченко В.Н., Пуляев В.А. Алгоритмы расчета автокорреляционной функции сигнала некогерентного рассеяния // Тез. докл. ХУП международной науч.-техн. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2009. – С. 174. 2. Пуляев В.А. Влияние аппаратных факторов на выбор обработки сигнала НР // Вестник НТУ «ХПИ»: Ионосфера. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 31. – С. 87 – 89.

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ГЕОКОСМОСА

С. В. Лазоренко

Международный Славянский университет, Харьков, Украина

sergey_v@amik.ru

Представляется целесообразным применение вейвлет-анализа в задачах космической радиофизики, поскольку исследуемые сигналы и процессы, как правило, являются локализованными и нестационарными. Вейвлет-анализ оказывается эффективнее при исследовании таких сигналов, чем традиционно применяемое преобразование Фурье. Этим объясняется актуальность работы.

Целью работы является исследование возможности повышения эффективности обработки экспериментальных данных в задачах дистанционного радиозондирования геокосмоса для более полного изучения процессов и явлений, сопровождающих воздействие на ионосферу мощных источников энергоснабжения и вариации космической погоды.

Для описания вейвлетов введен набор числовых характеристик, основанный на представлении вейвлетов как частотных фильтров и позволяющий сравнивать различные вейвлетные базисы между собой.

Предложен функционал качества, позволяющий осуществить выбор оптимального вейвлетного базиса при проведении непрерывного и аналитического вейвлет-преобразований конкретного исследуемого сигнала.

Проведен углубленный вейвлет-анализ ряда модельных сигналов (нелинейных и сверхширокополосных сигналов, сигналов с особенностями), наблюдаемых при анализе реальных экспериментальных данных, в том числе и в методах дистанционного радиозондирования геокосмоса.

Для анализа сигналов дистанционного радиозондирования применен аппарат вейвлет-анализа и показана его высокая эффективность. Обработке подвергнуты временные вариации мощности некогерентно рассеянных сигналов, сигналы доплеровского ВЧ радара, трансionoсферного радиозондирования и уровень флуктуаций электромагнитного поля Земли. С помощью вейвлет-анализа выявлены и исследованы процессы, сопровождающие солнечные вспышки, магнитные бури, прохождение солнечного терминатора, старты ракет, грозы, наземные взрывы и извержения вулканов.

Проведено изучение фрактальных свойств флуктуаций геомагнитного поля, а также временных рядов, характеризующих солнечную и геомагнитную активности (чисел Вольфа, D_{st} -индекса). Продемонстрированы возможности вейвлет-анализа при нахождении диапазонов мультифрактальности геофизических процессов и оценке спектра их фрактальных размерностей. Показано, что большинство процессов в геофизике и физике космоса носят сложный характер и обладают свойствами мультифрактальности.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ УКРАИНЫ

Т. П. Сумарук

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

sumar@mail.lviv.ua

Наблюдения за геомагнитным полем в Украине были начаты в начале 20-го века. Основной целью которых было проведение магнитных съемок территории для разведывания полезных ископаемых а также для применения данных в навигации. С 1950-х годов регистрация элементов магнитного поля проводится непрерывно. Украина обладает сетью геомагнитных обсерваторий Института геофизики: «Киев», «Львов», «Одесса», а также проводит комплекс геофизических исследований на станции «Академик Вернадский» в Антарктиде. Кроме того, целый ряд научно-исследовательских организаций проводят наблюдения за магнитным полем Земли.

Основываясь на многолетнем опыте проведения наблюдений, в Институте геофизики разработана методология проведения геомагнитных исследований, а также программное обеспечение для получения, обработки и хранения геомагнитных данных. Данные отвечают требованиям международного формата ИНТЕРМАГНЕТ. Поскольку типы измерительных приборов разные, то решена проблема получения данных одного формата, а также проверки качества данных получаемых из разных магнито-вариационных станций.

Показано методологию проведения абсолютных измерений величины геомагнитного поля, а также контроля над полученными данными, поскольку точность измерений становит 0,1 нТл, а величина годовых изменений базисных уровней приборов не должна превышать 5 – 6 нТл в год.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИГНАЛОВ ПО ДАННЫМ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

К. В. Черкашин, Л. В. Козиенко

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

c33@mail.ru, leo@leoartz.com

В докладе рассматривается методика и программное обеспечение для анализа и обработки данных спутниковых измерений GPS-приемников. Помимо практической задачи определения координат потребителей, спутниковые радионавигационные системы (СРНС) представляют большой интерес для научного сообщества. В частности целый ряд работ посвящен методам зондирования и диагностики трансionoсферного радиоканала по сигналам системы GPS. Главной причиной, влияющей на качество функционирования СРНС, является изменение величины задержки радиосигналов при распространении в ионосфере и тропосфере. Величина задержки пропорциональна полному электронному содержанию (ПЭС) вдоль траектории распространения. Изменения ПЭС вызывают пропорциональные изменения фазы и искажения амплитуды радиосигнала. Значения ПЭС в ионосфере вычисляются по данным фазовых измерений. Использование двухчастотного режима позволяет компенсировать влияние ионосферных задержек и значительно повысить точность определения координат.

В настоящее время функционирует глобальная сеть двухчастотных GPS-приемников, выполняющих измерения одновременно на двух рабочих частотах GPS ($L_1=1575,42$ и $L_2=1227,6$ МГц). Измерения производятся непрерывно в течении суток с интервалом 30 с. Временные ряды записываются в стандартном формате RINEX и размещаются в сети Internet.

Для исследований требуется обработка и анализ большого количества данных. На первом этапе используется стандартная программа обработки RINEX-файлов TEQC, которая формирует набор ASCII-файлов, содержащих временные ряды с необходимыми параметрами. Вторичная обработка производится в среде MatLab с целью получения и анализа статистических характеристик погрешностей определения координат для одно- и двухчастотного режимов измерений GPS-приемника (кодовый и фазовый режимы соответственно), а также вариаций производной ионосферной задержки, пропорциональной ПЭС ($dTEC/dt$) и являющейся важной характеристикой, влияющей на качество функционирования СРНС.

Разработанная методика и программное обеспечение использовались для обработки данных и анализа землетрясений в Японии 13 июня 2008 года, в Италии 6 апреля 2009 г., вблизи оз. Байкал 27 августа 2008 г.

СЕКЦИЯ 3

ИОНОСФЕРНАЯ ИНФОРМАТИКА

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМАТА XML ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ДАННЫХ

А. В. Богомаз¹, С. С. Козлов², В. А. Пуляев^{1, 2}

¹ Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

² Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
albom85@yandex.ru

В настоящее время ионосферные данные, получаемые в Институте ионосферы с помощью радара некогерентного рассеяния (НР) и станции вертикального зондирования, в основном представлены в виде двоичных файлов (исключением являются ионограммы, которые также записываются на электрохимической бумаге). Для расширения возможностей управления этими данными предлагается создать архив из файлов универсального формата, например, XML.

XML (eXtensible Markup Language) – текстовый формат, который используется для хранения структурированных данных и обмена информацией между программами. XML, как основной формат, используется в офисных приложениях OpenOffice.org и Microsoft Office 2007, применяется для описания векторной графики (SVG), формул (MathML) и др. Основные достоинства формата XML следующие: он позволяет отобразить двоичные данные в текст, читаемый человеком и анализируемый компьютером; основан на международных стандартах; не зависит от платформы.

Пример ионосферных данных, для которых предлагается создать архив, – выходные файлы системы многоканального коррелятора [2] радара НР. Эти файлы состоят из заголовка (дата, время и номер сеанса) и данных в формате четырёхбайтных целых чисел. Корреляционные функции НР-сигнала хранятся в четырёх двумерных массивах (19 точек с 680 высот косинусной и синусной составляющих для двух каналов).

При создании архива ионосферных данных имеет смысл использовать интерфейс XML-RPC (XML Remote Procedure Call). Двоичные данные при включении в файл XML кодируются при помощи схемы base64, в которой используется 64 печатных символов ASCII (что экономит дисковое пространство по сравнению с шестнадцатеричным представлением). Дата и время сеанса хранятся в формате по стандарту ISO 8601.

Существенный недостаток формата XML (избыточность, величину которой в грубых оценках принимают за 1 порядок) компенсируется ростом объёмов носителей информации.

Литература: 1. <http://www.xml.org/> 2. 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 «ХПІ». – 2004. – № 23. – С. 49 – 62.

РАБОТА С ДАННЫМИ МНОГОКАНАЛЬНОГО КОРРЕЛЯТОРА РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

А. В. Богомаз, В. А. Пуляев

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

albom85@yandex.ru

Введённая в действие новая система первичной обработки данных некогерентного рассеяния (НР) на базе многоканального программируемого специализированного коррелятора [1] производит двоичные файлы, содержащие необходимые данные для получения высотного распределения таких ионосферных параметров, как температуры ионов и электронов, электронная концентрация, скорость дрейфа плазмы, относительное содержание ионов различных сортов.

Выходные файлы системы первичной обработки на базе многоканального коррелятора имеют имена вида «*SDDMMYY.NNN*», где *DD* – день, *MM* – месяц, *YY* – последние две цифры года измерений, *NNN* – номер сеанса от 001 до 999. Размер файла составляет 223060 байт, первые 20 из которых – заголовок. Заголовок включает (все числа – двухбайтные целые) дату и время измерений, а также переменные для расчёта времени накопления (сейчас 0,999 мин) автокорреляционных функций (АКФ) сигнала НР. Данные, находящиеся в файле, представлены четырёхбайтными целыми числами и составляют одномерные и двумерные массивы. В четырёх двумерных массивах находятся по 19 ординат косинусных и синусных составляющих АКФ с 680 высот для двух каналов. Также в файле присутствуют 6 одномерных массивов размерностью 680 элементов, где хранятся значения «нуля» АЦП и профиля мощности по короткому импульсу.

Разработанное авторами программное обеспечение позволяет просматривать высотный ход ординат АКФ, а также преобразовывать скорректированные [2] данные в промежуточный текстовый формат (так называемый KS-файл), с которым может работать стандартная программа вторичной обработки ионосферных данных.

Литература: 1. *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 «ХПІ». – 2004. – № 23. – С. 49 – 62. 2. *Пуляев В.А.* Влияние аппаратурных факторов на выбор обработки сигнала некогерентного рассеяния // Вісник Харківського політехнічного університету. Збірник наукових праць. – Випуск 31. – Харків: ХДПУ. – 1999. – С. 87 – 89.

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОБМЕНА ИОНОСФЕРНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ УДАЛЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

А. Е. Чаган, В. А. Пуляев

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, Украина

iiion@kpi.kharkov.ua

Цель доклада – изложение результатов исследований по разработке схемы устройства, предназначенного для организации связи между радиотехническими и вычислительными средствами радара некогерентного рассеяния [1] в случае организации обмена данными в реальном масштабе времени.

В докладе приводится пример одного из решений по созданию устройства (радиомодема), с помощью которого можно реализовать двустороннюю передачу цифровых массивов в условиях, когда нет возможности использовать широкодоступные каналы (например, Интернет). Кроме того, принимается во внимание и то, что действующие каналы [2] могут не удовлетворять нас по быстродействию, а в случае организации непрерывной работы радара – и по стоимости передачи массивов.

Показано, что разработка нового устройства обеспечивает достаточную степень помехоустойчивости и надежность передачи, особенно в условиях территориальной отдаленности объектов от разветвленных информационных сетей.

В докладе приводится информация в составных частях устройства (о передатчике, приемнике, модуляторе и т.д.), детально рассматривается и анализируется их работа. Учитывая необходимость уменьшения объема устройства и повышение качества приема сигнала, в схеме приемника, например, используется импортная элементная база, которая позволяет минимизировать количество радиокомпонент. Для удешевления же разработки схемы модулятора и демодулятора выполнены на популярных отечественных микросхемах.

Рассматривается возможность использования и микроконтроллеров для дальнейшей минимизации объема оборудования и повышения функциональности радиомодема.

Литература: 1. Пуляев В.А. Автоматизированная система исследования параметров ионосферной плазмы на базе радара НР // Радиотехника. Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2003. – № 135. – С. 78 – 86. 2. Пуляев В.А., Лизогуб В.И., Галенин Е.П. Канал передачи данных для организации потоковой обработки ионосферной информации // Вестник НТУ «ХПИ»: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – № 34. – С. 153 – 156.

**ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НАКЛОННОГО
РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ**

А. О. Щирый

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

saovu@mail.ru

По данным наклонного радиозондирования ионосферы коротковолновыми сигналами (КВ) можно получить информацию о процессах в ионосферной плазме, о ее структуре и состоянии. В настоящий момент в лаборатории зондирования ионосферы МарГУ (Марийского государственного университета) накоплен большой объем данных наклонного зондирования ионосферы (НЗИ) КВ сигналами с линейно-частотной модуляцией (ЛЧМ); в ходе регулярных экспериментов объем данных продолжает увеличиваться. Дальнейшая обработка этих экспериментальных данных (первичных данных) приводит к еще большему росту объемов и разнообразия данных. Производные данные образуют иерархию, для пояснения этого факта введем понятие уровня экспериментальных данных. Данные большего по номеру уровня получаются из данных меньшего уровня; данные меньшего по номеру уровня не могут быть получены из данных большего по номеру уровня. Имеются следующие данные (по уровням): 1 – оцифрованный сигнал (отсчеты) с выхода приемника ионозонда; 2 – ионограммы, спектры помех; 3 – треки мод, спектр фоновых шума, характеристики станционных помех; 4 – амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) КВ радиолоний, модели многолучевости, оптимальные рабочие частоты, отношение сигнал/шум; 5 – статистика вариаций данных уровня 4.

Поэтому актуальна проблема создания специализированного программного комплекса для работы с иерархией экспериментальных данных, включая возможности регенерации производных данных и возможности просмотра имеющихся данных. Кроме того, такой программный комплекс должен обеспечивать программную инфраструктуру для реализации, отладки и апробации новых алгоритмов обработки данных зондирования. Такой программный комплекс разработан автором и используется для получения новых радиофизических данных, в том числе для исследования диффузной многолучевости, эффектов магнитоионного расщепления КВ радиоволн, рассеяния КВ радиоволн на ионосферных неоднородностях и других исследований, требующих, подобно перечисленным исследованиям, достижения высокого разрешения по частоте и времени группового запаздывания радиоволн, а также требующих возможностей оперирования большими объемами разнообразных экспериментальных данных.

СЕКЦИЯ 4

ФИЗИКА ИОНОСФЕРЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ УНЧ-СНЧ ДИАПАЗОНА С СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Н. А. Бару, А. В. Колосков

Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина

baru@rian.kharkov.ua

В научной литературе собрано большое число свидетельств того, что в канун и во время землетрясений в сейсмоактивной области наблюдается рост интенсивности шумового электромагнитного излучения (ЭМИ) в широком диапазоне частот от миллигерц до десятков килогерц. Несмотря на обширный экспериментальный материал до настоящего времени нет четко выработанных критериев селекции всплесков ЭМИ, связанных с землетрясениями. Основным признаком, указывающим на связь регистрируемых аномалий характеристик ЭМИ с сейсмической активностью, принято считать их временное соответствие моментам землетрясений. Данная работа посвящена экспериментальным исследованиям характеристик ЭМИ, выполненным в сейсмоактивном регионе Индии, и поиску критериев отбора событий связанных с землетрясениями. В работе подвергнуты анализу вариаций магнитных компонент ЭМИ для УНЧ-СНЧ диапазона частот (0,001 – 30 Гц), измеренные в двух разнесенных на 121 км пунктах вблизи городов Колхапур (16,41° с.ш.; 74,16° в.д.) и Койнанагар (17,34° с.ш.; 73,75° в.д.) в период с апреля по май 2006 г. Экспериментальные данные получены при помощи идентичных трехкомпонентных индукционных магнитометров LEMI-30, разработанных Львовским центром института космических исследований НАНУ НКАУ. Выполнена селекция всплесков ЭМИ, зарегистрированных за время проведения наблюдений, и проведено исследование их характеристик, с применением алгоритмов спектрального и поляризационного анализа. Предложена методика «отбраковки» местных помех и выработаны критерии отбора всплесков, которые могли быть связаны с сейсмическими событиями. В качестве основных информационных параметров для селекции всплесков использованы данные об интенсивности и поляризации сигналов, полученные синхронно в обоих пунктах наблюдения. Обработка экспериментальных данных показала, что накануне и во время землетрясений, эпицентры которых были расположены в непосредственной близости от пунктов наблюдения, регистрировалось увеличение количества всплесков ЭМИ, отобранных по предложенной в работе методике. Таким образом, результаты выполненного анализа свидетельствуют о возможной связи эффекта увеличение числа УНЧ-СНЧ всплесков с подготовкой землетрясений, и показывают эффективность предложенного метода селекции событий.

ВОЛНОВЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ИОНОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ УМЕРЕННОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ГРЕЦИИ

В. П. Бурмака

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

viktor_burmaka@ukr.net

Проанализированы результаты измерений на харьковском радаре некогерентного рассеяния 20 – 22 января 2010 г. 22 января в Греции, вблизи города Патра (расстояния до места наблюдения около 1700 км) произошло 4 землетрясения с магнитудами 5,3; 4,9; 4,5 и 4,8 в 00:47, 00:50, 10:53 и 10:59 соответственно (здесь и далее время UT). Геомагнитную обстановку в этот период можно считать спокойной. Измерения были проведены с 13:00 20 января 2010 г. по 21:30 22 января 2010 г.

Для поиска волновых возмущений использовалась высокочувствительная методика, позволяющая выявлять волновые возмущения с относительными амплитудами не менее 1 % [1 – 3].

Анализу подвергались высотно-временные зависимости абсолютных ΔN и относительных $\Delta N/N$ вариаций электронной концентрации. Погрешность определения последней в диапазоне высот 125 – 510 км в фоновый день 21 января составляла 6 – 34 %, в день землетрясений 22 января – 6 – 27 %. Максимальные значения погрешностей отмечаются в ночное время на высотах выше максимума ионизации.

Характер амплитуд волновых возмущений 21 – 22 января в целом соответствовал характеру амплитуд в невозмущенные периоды, полученные нами ранее [1 – 3]. К сожалению, на данном этапе не удалось выделить возмущения, которые можно было бы связать с воздействием землетрясения. Возможно, дальнейшие исследования помогут выявить такие возмущения.

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

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ НЕКОГЕРЕНТНО РАССЕЯННОГО СИГНАЛА

Д. В. Котов¹, Л. Ф. Черногор²

¹ Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

² Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

dmitrykotoff@gmail.com

Как известно, автокорреляционная функция (АКФ) некогерентно рассеянного (НР) сигнала сложным образом (нелинейно) зависит от параметров ионосферной плазмы, таких как температуры ионов и электронов, относительное содержание ионов различных сортов и т.д. В свою очередь, значения упомянутых параметров плазмы подвергаются сложным временным (суточным и сезонным) и пространственным вариациям. При экспериментальных исследованиях ионосферы для обеспечения приемлемого уровня отношения сигнал/шум приходится применять зондирующие сигналы большой длительности. Соответствующий высотный интервал, занимаемый зондирующим импульсом, обычно превышает характерный высотный интервал изменения значений параметров плазмы. Как следствие, возникают методические погрешности в определении значений температур ионов, электронов и относительного содержания ионов различных сортов. Для оценивания методических погрешностей с целью последующей коррекции результатов измерений необходимо проводить моделирование АКФ НР-сигнала с учётом всех особенностей её практического получения, влияющих на конечный результат. Такое моделирование проведено в настоящей работе.

Моделирование проводилось следующим образом. В качестве исходных значений температур и ионного состава использовались данные международной справочной модели ионосферы IRI-2001. По этим данным с небольшим шагом по высоте (около 4,5 км) с учётом реальных аппаратных параметров радара Института ионосферы проводился расчёт АКФ – решалась прямая радиофизическая задача. При этом был учтён импульсный характер зондирования, приводящий к немонотонности спектра излучаемого сигнала. После этого проводилось суммирование полученных автокорреляционных функций на высотном интервале, соответствующем реальному интервалу усреднения данных при обработке для харьковского радара. В процессе суммирования учитывались особенности получения АКФ для распределённой цели – ионосферной плазмы, а также алгоритмы усреднения, применяемые на харьковском радаре НР (трапециидальное суммирование). Была получена обобщенная формула для моделирования АКФ. Таким образом, результаты проведенной работы дают практическую возможность моделировать АКФ НР-сигнала с учётом всех факторов, определяющих её вид.

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АКФ НР-СИГНАЛА И ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ**

Д. В. Котов¹, Л. Ф. Черногор²

¹ Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

² Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

dmitrykotoff@gmail.com

Появившиеся возможности моделирования АКФ НР-сигнала, учитывающие все существенные особенности ее практического получения, позволили перейти к оцениванию методических погрешностей экспериментального определения как самой АКФ НР-сигнала, так и погрешностей оцениваемых по полученной АКФ параметров ионосферной плазмы, таких как температуры ионов, электронов и относительное содержание ионов различных сортов.

Методические погрешности АКФ для каждой рассматриваемой величины задержки определялись как разница между значениями, полученными в результате решения прямой радиофизической задачи для данной высоты, и значениями суммарной АКФ, которая соответствует экспериментально определяемой.

«Экспериментально получаемые» параметры плазмы определялись в результате решения обратной радиофизической задачи для суммарной нормированной автокорреляционной функции. Методические погрешности параметров ионосферной плазмы определялись как разница между «измеренными» и исходными модельными значениями.

Результаты проведенного моделирования показывают, что в ряде случаев методические погрешности определения температур заряженных частиц довольно значительны (до 550 К для температуры ионов и до 250 К для температуры электронов ночью в минимуме солнечной активности) и могут привести не только к количественным, но и к качественным искажениям получаемых ионосферных параметров, в особенности, высотных профилей относительного содержания ионов гелия. Выявлены сложные зависимости между погрешностями искомых параметров. Показано, что главной причиной смещения оценок параметров ионосферной плазмы является неравномерность мощности НР-сигнала и относительного содержания ионов водорода на интервалах высотного усреднения измеренных АКФ.

Новизна проведенных исследований состоит в том, что впервые помимо смещения оценок температур заряженных частиц было оценено смещение значений относительного содержания ионов водорода и гелия, а также оценено влияние каждого из рассматриваемых параметров плазмы на результирующую погрешность измерений.

СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ В ИОНОСФЕРЕ НА РАЗНЫХ ФАЗАХ 23-ГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

М. В. Ляшенко

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

mlyashenko@ya.ru

В работе представлены результаты анализа сезонных вариаций концентрации электронов N в ионосферной плазме в диапазоне высот 200 – 750 км на разных фазах 23-го цикла солнечной активности (СА). Выявлены и объяснены эффекты сезонной и полугодовой аномалий в вариациях концентрации N .

Как известно, эффект сезонной аномалии заключается в превышении зимних значений N над летними в околополуденные часы на высотах максимума области F2 ионосферы.

В период минимума СА зимние околополуденные значения N примерно на 10 – 15 % превышали летние. Для максимума СА получено, что зимние значения N в 2,5 – 3 раза больше летних в дневные часы. На фазах роста и спада СА в околополуденные часы зимние значения N превышали летние примерно в 2 – 2,5 раза. Следует отметить, что эффекты сезонной аномалии на высотах выше и ниже высоты максимума слоя F2 и ночные часы не проявлялись.

Полугодовая аномалия заключается в том, что концентрация электронов в периоды равноденствий превышает значения N в периоды солнцестояний, как в дневных, так и ночных условиях.

В период роста СА получено, что N в максимуме области F2 ионосферы в периоды равноденствий в околополуденные часы превышают значения N зимой примерно на 35 – 40 %, а летом – на 70 %. В ночные часы полугодовая аномалия не наблюдалась.

В максимуме СА днем значения N в периоды весеннего и осеннего равноденствий превышают зимние на 15 %, летние – на 78 %. В ночные часы значения N в периоды равноденствий превышают значения концентрации электронов в периоды солнцестояний примерно на 55 – 60 %.

На фазе спада СА эффекты полугодовой аномалии заключались в следующем. Околополуденные значения концентрации электронов в периоды равноденствий примерно на 10 % превышали значения N в период зимнего солнцестояния и 30 % для летнего периода. В ночных условиях значения N в равноденственные периоды превышали зимние примерно на 35 – 40 %.

В минимуме СА выявлено, что весенние и осенние значения N превышали зимние и летние примерно на 6 %.

Рассмотрены и объяснены механизмы появления сезонной и полугодовой аномалий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ДИФфуЗИОННОЙ СКОРОСТИ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

А. Е. Мирошников

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина

moneytu@gmail.com

Перенос плазмы в F2 области происходит в поле силы тяжести за счет процесса диффузии, а также под действием термосферных ветров и электрических полей.

Диффузия происходит в направлении падения концентрации частиц и ведёт к равномерному их распределению по всему занимаемому объёму. Диффузия возникает при наличии в плазме градиента концентрации, под влиянием градиента температуры, а также под действием электрического поля.

В докладе рассматривается моделирование только вертикальной составляющей диффузионной скорости ионосферной плазмы, в виду следующих причин: в среднеширотной области вертикальная составляющая является преобладающей; харьковский радар НР, с помощью которого проводятся исследования, в настоящее время позволяет измерять только вертикальную составляющую дрейфа.

Вертикальная компонента диффузионной скорости определяется выражением

$$V_d = -D_a \sin^2 I \left[\frac{1}{N_e} \frac{\partial N_e}{\partial z} + \frac{m_i g}{K(T_e + T_i)} + \frac{1}{T_e + T_i} \frac{\partial (T_e + T_i)}{\partial z} \right].$$

Первое слагаемое в квадратных скобках дает вклад в диффузионную скорость в виде нисходящего движения ниже максимума F-области и восходящего движения выше максимума. Два других слагаемых, как правило, соответствуют нисходящему движению плазмы. Для моделирования были выбраны три уровня солнечной активности – низкая, средняя и высокая активность. Эти уровни характеризовались числами солнечных пятен $W = 0, 100$ и 200 . Расчеты проводились для дневных и ночных условий зимнего и летнего сезонов. Для расчетов высотных распределений концентраций и температур ионизированных и нейтральных компонент использовались международная справочная модель ионосферы IRI-90 и модель нейтральной атмосферы MSIS-86.

Литература: 1. *Иванов-Холодный Г.С., Михайлов А.В.* Прогнозирование состояния ионосферы. – Л.: Гидрометеиздат. – 1980. – 190 с. 2. *Дзюбанов Д.А., Островский Г.И., Михайлов А.В.* Долготные вариации атомного кислорода в термосфере, рассчитанные из ионосферных данных // Геомагнетизм и аэрономия. – 1984. – Том 24. – №1 – С. 69 – 72.

ОПТИМАЛЬНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ИОНОСФЕРЕ

С. В. Панасенко, Л. Ф. Черногор

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

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

В настоящее время значительное внимание уделяется обнаружению квазипериодических процессов, длительность которых не превышает несколько периодов (кратковременные квазипериодические процессы – ККП). Для обнаружения ККП на фоне помех используются классические и современные методы спектрального оценивания (оконное и адаптивное преобразования Фурье (ОПФ и АПФ), вейвлет-преобразование (ВП) и др.). При этом решение о наличии в анализируемом процессе ККП принимается либо на основе визуального анализа динамического частотного спектра исходного процесса, либо путем введения субъективных критериев без расчета их эффективности.

Целью настоящей работы является изложение результатов применения статистического подхода к обнаружению ККП, основанного на теории оптимального обнаружения процессов на фоне помех.

В качестве модели ККП использовался цуг гармонического колебания с постоянной амплитудой и длительностью, равной целому или дробному числу периодов (но не менее одного периода). Считалось, что помеха представляет собой аддитивный белый шум. Вначале определялись значения вероятностей ложной тревоги $p_{лт}$ и пропуска сигнала $p_{пс}$ при различных длительности (один – несколько периодов) и шаге дискретизации ($m = 6 – 180$ отсчетов) ККП, а также при разных отношениях сигнал/помеха ($q = 0,1 – 2$).

Показано, что при равенстве длительности ККП интервалу обработки $p_{лт}$ резко уменьшается с ростом m . Уже при $m = 30$ она составляет 4,8 % и уменьшается на четыре порядка при $m = 90$. Для $q = 0,1 – 0,3$ вероятность $p_{пс}$ велика и составляет 99,5 – 58,8 % соответственно. Для $q \geq 1$ значение $p_{пс}$ существенно уменьшается при увеличении m .

Если интервал обработки в три раза превышает длительность ККП, при $m \leq 15$ $p_{лт}$ изменяется от 19,8 до 31,4 %, а $p_{пс}$ лежит в пределах 7,2 – 48,9 %. Увеличение вероятностей ложной тревоги и пропуска сигнала вызвано рассогласованием времени обработки и длительности процесса, что эквивалентно ухудшению исходного отношения сигнал/помеха.

Применение статистического подхода для обнаружения ионосферных ККП дало возможность существенно улучшить время-периодную локализацию квазипериодического процесса, а также отфильтровать аperiodические выбросы с длительностью меньше периода ККП, которые на практике обычно связаны с импульсными помехами и проявляются на спектрограммах ОПФ и АПФ в виде локализованного по времени широкополосного процесса.

ПАРАМЕТРЫ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ИОНОСФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

С. В. Панасенко, Л. Ф. Черногор

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

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

Задачи, связанные с исследованием волновых возмущений (ВВ), возникают в радиофизике, геофизике, акустике, сейсмологии, метеорологии, климатологии и т.п. Оказывается, что ВВ сопровождают вхождение космических тел и аппаратов в атмосферу Земли, землетрясения и извержения вулканов, прохождение погодных фронтов и т. п. Необходимость контроля таких процессов и вызывающих их источников требует разработки высокоэффективных методов оценивания параметров процессов при относительно небольших (порядка 0,1 – 2) отношениях сигнал/помеха q .

Целью настоящей работы является изложение результатов применения статистического подхода к оцениванию параметров ВВ в ионосфере, основанного на теории оптимального оценивания параметров процессов на фоне помех.

Результаты анализа экспериментальных данных показали, что длительность ВВ обычно составляет несколько периодов, т.е. ВВ – это кратковременный квазипериодический процесс (ККП). В качестве модели ККП удобно выбрать цуг гармонического колебания длительностью $t_p = \nu T$, где T – его период, $\nu = 1 – 5$. Помеха моделировалась аддитивным белым шумом.

Показано, что относительная погрешность Δ оценки огибающей A ($\Delta(A)$) и t_p ($\Delta(t_p)$) процесса при числе отсчетов $m \leq 15$ составляет 18,6 – 89,9 %. Относительная погрешность оценки времени начала ККП τ ($\Delta(\tau)$) для тех же значений m равна 3,0 – 14,3 %. При $m = 180$ и $q = 3$ значения $\Delta(A)$, $\Delta(t_p)$ и $\Delta(\tau)$ достигают 5,3, 5,3 и 0,9 % соответственно.

Обнаружено, что при оценке огибающей ККП с использованием алгоритмов теории оптимального оценивания имеет место лишь случайная погрешность оценки. При использовании оконного и адаптивного преобразований Фурье (ОПФ и АПФ) возникает еще систематическая погрешность, связанная с занижением значения A по сравнению с истинным. Ее значения могут достигать 24,4 – 66,7 % для различных окон, ширина которых в три раза больше длительности ККП.

Применение описанного статистического подхода для анализа наблюдающихся в мезосфере квазипериодических процессов, относящихся к 10 ноября 2004 года позволило выявить ВВ с $T = 60$ мин, $t_p = 120$ мин и $T = 80$ мин, $t_p = 80$ мин, имеющих относительную амплитуду 0,1 и 0,2 соответственно. Результаты ОПФ и АПФ дают более грубую оценку периодам и длительностям преобладающих квазипериодических процессов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ, ВЫЗВАННЫХ ЗАПУСКАМИ ТЯЖЁЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ

Д. О. Ретьман, Ю. И. Подъячий

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,

Харьков, Украина

ioon@kpi.kharkov.ua

В докладе рассматривается влияние на ионосферную плазму запусков тяжёлых космических ракет. В этом случае искусственные возмущения атмосферы и ионосферы возникают за счёт поступления в окружающую среду энергии сгорания ракетного топлива, выбросов различных веществ в течении этого процесса и перемещения факела двигателя ракеты на активном участке в околоземном космическом пространстве.

Демонстрируются экспериментальные данные, полученные на исследовательском радаре некогерентного рассеяния во время запусков тяжёлых космических ракет с космодрома Байконур, приводятся основные характеристики ракет-носителей. Рассматривается методика обработки данных измерения отношения мощности сигнала и шума с целью получения высотно-временных зависимостей сечения рассеяния ионосферной плазмы, а также методика дисперсионного анализа этих зависимостей. Результаты зондирования ионосферы приводятся в виде графиков, отображающих высотно-временные зависимости сечения рассеяния ионосферной плазмы и их дисперсионного анализа.

Сопоставление результатов анализа экспериментальных данных с известными характеристиками волн (в частности, скоростей распространения и временных масштабов), способных распространяться на ионосферных высотах, позволяет сформулировать гипотезу о том, что при запусках тяжёлых космических ракет и их прохождения через ионосферу генерируются медленные магнитогидродинамические и внутренние гравитационные волны.

В докладе на основе полученных экспериментальных результатов высказывается предположение, что первое по времени регистрируемое возмущение (через несколько минут после старта ракеты) вызывается медленными МГД волнами [1], распространяющимися со скоростями 3 – 5 км/с. Следующее возмущение регистрируется через 40 – 50 минут и вызывается, по-видимому, внутренними гравитационными волнами [2], распространяющимися со скоростями до 1000 м/с.

Литература: 1. *Сорокин В.М., Федорович Г.В.* Физика медленных МГД-волн в ионосферной плазме. – М.: Энергоиздат. – 1982. – 134 с. 2. *Госсард Э.Э., Хук У.Х.* Волны в атмосфере. – М.: Мир. – 1978. – 532 с.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ИОНОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GNSS ТЕХНОЛОГИЙ

В. О. Савинов¹, В. П. Деденок¹, Е. В. Мигура¹, С. Н. Флерко²

¹ Харьковский центр института космических исследований НАНУ-НКАУ, Харьков, Украина

kharkov_ikd@ukr.net

² Научный центр Военно-воздушных сил, Харьков, Украина

flerko@ukr.net

Появление и развитие спутниковых технологий позиционирования предоставило человечеству уникальный инструмент для изучения ионосферы. Толчком к развитию методов и алгоритмов изучения ионосферы с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) послужил поиск технологий повышения точности позиционирования за счет выделения и компенсации ионосферной погрешности измерений. Действительно, установка в точках с известными координатами двухчастотных ГНСС приемников позволяет в реальном масштабе времени получать данные об общей интегральной концентрации электронов вдоль трасс распространения сигналов от спутников. В дальнейшем с использованием известных теоретических моделей эти данные трансформируются на трассы распространения сигналов к мобильному приемнику, координаты которого неизвестны и требуют определения. Такой метод компенсации ионосферной погрешности ГНСС измерений заложен, например, в системах широкозонной дифференциальной навигации, известных на практике как WAAS, EGNOS и MSAS. Тем не менее, как показал ряд исследований использование ГНСС для изучения ионосферы имеет дополнительные преимущества и особенности, позволяющих применять результаты не только в задачах позиционирования приземных объектов, но и объектов, находящихся в ионосферном слое, в задачах радиочастотного мониторинга и в исследованиях солнечно-земных связей и космической погоды.

В докладе представлены результаты анализа достоинств и недостатков известных методов изучения текущего состояния ионосферы с использованием ГНСС. Предложены и обоснованы методы и алгоритмы параметрической адаптации теоретических представлений ионосферы (моделей) с использованием реальных измерений ГНСС приемников. Приведены некоторые результаты экспериментальных исследований с привлечением информации постоянно действующих ГНСС станций, бортовых измерений ГНСС приемников низкоорбитальных космических аппаратов и радаров вертикального зондирования. Предложены направления практического применения адаптивных методов и алгоритмов для навигации объектов в приземном слое и в верхних слоях земной атмосферы, для решения задач современного радиочастотного мониторинга и для изучения космической погоды.

ГЛОБАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ АКУСТИКО-ГРАВІТАЦІЙНИХ ХВИЛЬ В ІОНОСФЕРІ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКА DE 2

Т. В. Скороход, Г. В. Лізунов

Інститут космічних досліджень НАН та НКА України, Київ, Україна

tauna_83@ukr.net

Акустико-гравітаційні хвилі (АГХ) відіграють важливу роль в динаміці верхньої атмосфери Землі. Основна маса отриманих раніше наукових результатів щодо АГХ спирається на спостереження варіацій параметрів іоносферної плазми з використанням методів дистанційного зондування іоносфери. В даній роботі АГХ на іоносферних висотних рівнях досліджені за даними прямих вимірювань на супутнику Dynamics Explorer 2 (DE 2).

Представлено результати обробки та аналізу орбітального ходу концентрацій атомарного кисню O та молекулярного азоту N₂ в області висот 250 – 500 км. Ці гази являються основними на даних висотах. Фільтрація спектру АГХ здійснювалась в області середньомасштабних хвиль (з горизонтальною довжиною хвилі менше приблизно 1000 км), таким чином великомасштабні АГХ, які ймовірно теж присутні в даних спостережень, відсіювалися. Всього було оброблено більш 100 орбітальних витків вимірювань.

Спостережений географічний розподіл АГХ характеризується певною морфологічною структурою, яка включає:

- 1) області полярних шапок, де спостерігається неперервна генерація АГХ і де амплітуди АГХ максимальні. Характерна амплітуда АГХ в полярних шапках в умовах низької магнітної активності складає порядку декількох процентів відносної величини, в умовах високої активності – десятка процентів;
- 2) середніх широт, де відбувається поступове зменшення амплітуди АГХ;
- 3) низьких широт, де фон АГХ відносно малий, менше процента відносної величини, і слабо залежить від магнітної активності.

У роботі підтверджено, що певний фоновий рівень АГХ присутній в іоносфері завжди і всюди. Характерна горизонтальна довжина хвилі АГХ складає приблизно 550 км.

В роботі детально проаналізовано зв'язок морфологічної структури хвильової активності верхньої атмосфери з геомагнітною активністю.

ЛОКАЛІЗОВАНІ ХВИЛЬОВІ ПАКЕТИ АКУСТИКО-ГРАВІТАЦІЙНИХ ХВИЛЬ В ІОНОСФЕРІ ЗЕМЛІ

Т. В. Скороход, Г. В. Лізунов

Інститут космічних досліджень НАН та НКА України, Київ, України

tauna_83@ukr.net

В роботі представлені результати аналізу мас-спектрометричних вимірювань концентрацій нейтральних газів атмосфери Землі на супутнику Dynamics Explorer 2. Об'єктом дослідження являються акустико-гравітаційні хвилі (АГХ). Вимірювання АГХ проводились в області висот 250 – 500 км. Характерна спостережена довжина АГХ складає близько 500 – 600 км.

Було досліджено характер планетарного розподілу АГХ. Встановлено, що на фоні квазістаціонарного рівня атмосферних коливань вирізняються певні локальні хвильові пакети (ЛХП). Вони підіймаються над фоновим рівнем АГХ наче острови з вищою амплітудою хвилі. Частина з них мають різкі границі, а в інших обвідна хвильового пакету плавно зростає та спадає. ЛХП спостерігаються спорадично. Так, за два місяці 1983 р. було виявлено біля сорока ЛХП. Індивідуально ЛХП досить різні. В даній роботі було здійснено спробу їх дещо структурувати. Майже 95 % всіх ЛХП знаходились в нічній півкулі планети. Цуги коливань складались з одного періоду в 15 % випадків, з двох – 37 %, з трьох – 30 %, в решті випадків хвильові цуги складались з більшої кількості коливань. Максимальна амплітуда ЛХП змінюється від 0,6 % відносної величини збурення концентрації атмосфери (низькі широти, день) до 5,5 % (середні широти).

Наступним завданням роботи був аналіз джерел генерації ЛХП. Особливий інтерес для нас являла перевірка гіпотези про те, що іоносфера реагує на процеси потужного енерговиділення на Землі, такі як землетруси, урагани та ін. [1]. Ми припустили, що добре локалізовані в просторі та часі ЛХП як раз можуть бути проявом такого відгуку іоносфери. Кореляція між ЛХП та потужними землетрусами досліджувалась статистично та незалежно від фізичних механізмів сейсмо-іоносферного зв'язку. Отримані результати будуть детально показані в доповіді.

Література: 1. Черногор Л.Ф. Энергетика процессов на Земле, в атмосфере и околоземном космосе в свете проекта «Попередження» // Космічна наука і технологія. – 1999. – Т. 5. – №1. – С. 38 – 47.

СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ УРОВНЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Л. Ф. Черногор, М. А. Шамота

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

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

Солнечный терминатор (СТ) является естественным высокоэнергетическим источником воздействия на околоземную космическую среду.

Целью настоящей работы является изложение результатов анализа возмущений в геомагнитном поле, сопутствовавших прохождению утреннего и вечернего СТ.

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 в атмосфере применялись статистический и вейвлет-анализы. Установлено, что практически всегда в переходные часы наблюдались заметные или значительные изменения характера магнитометрических сигналов. Обработка проводилась отдельно для четырех сезонов: вблизи весеннего и осеннего равноденствий, летнего и зимнего солнцестояний. Восходу Солнца на высоте 200 км систематически сопутствовали возмущения с запаздываниями $\Delta t \approx 30 - 40$ мин. Они представляли собой цуги колебаний длительностью 45 – 50 мин, с периодами 9 – 11 мин. Для вечернего СТ были характерны два типа возмущений: $\Delta t_1 \approx 27 - 32$ и $\Delta t_2 \approx 76 - 90$ мин относительно захода Солнца на уровне поверхности Земли. Они представляли собой квазипериодические процессы с преобладающими периодами 9 – 11 мин и длительностями 50 – 60 мин. Эффекты утренних и вечерних СТ в целом были подобными.

Для контрольных интервалов (местный полдень и местная полночь) проводилась обработка по аналогичной методике. В эти дни закон распределения времен запаздывания возмущений близок к равномерному. Для количественной характеристики отличия экспериментальных законов распределения применялся критерий Пирсона. Проведенный анализ позволил утверждать, что наблюдаемые в утреннее и вечернее время вариации геомагнитного поля вероятнее всего связаны с движением СТ в атмосфере.

ГЕОМАГНИТНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ В ПЕРИОД СТАРТОВ РАКЕТ

Л. Ф. Черногор, М. А. Шамота

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

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

В настоящее время исследования воздействия высокоэнергетических источников на геокосмическую среду имеют большую научную и прикладную значимость. Старты ракет являются одним из самых мощных источников, воздействующих на околоземное космическое пространство.

Целью настоящей работы является изложение результатов анализа возмущений в геомагнитном поле, сопутствовавших 149 стартам наиболее мощных ракет (стартовая масса от 100 до 2100 т) с крупнейших космодромов мира (удаления 1500 – 9500 км).

Для анализа использовались данные, полученные при помощи высокочувствительного магнитометра-флюксметра (чувствительность 0,5 – 500 пТл в диапазоне периодов 1 – 1000 с соответственно), расположенного в обсерватории Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина (вблизи с. Граково, Харьковская обл.). Для обнаружения эффектов, связанных со стартами ракет (СР), применялись статистический анализ и вейвлет-анализ. Установлено, что практически всем стартам ракет сопутствовали заметные или значительные изменения характера магнитометрических сигналов. Обнаружены три группы возмущений геомагнитного поля и определены их основные параметры: времена запаздывания, продолжительности и периоды колебаний. Обработка данных проводилась сначала отдельно для различных космодромов: Плесецк, Байконур, Сичан, Цеюянь, Тайюань, Мыс Канаверал и Куру. Определены скорости и типы волн, переносящие возмущения от места генерации. Ими оказались медленные магнитогидродинамические волны (скорости $v \approx 2,7$ км/с), ударно-волновые акустико-гравитационные волны, имеющие скорости близкие к 1 км/с и внутренние гравитационные волны ($v \approx 0,6$ км/с). Для невозмущенных дней проводилась обработка по аналогичной методике (день до и день после СР). В эти дни закон распределения времен запаздывания возмущений, как и следовало ожидать, близок к равномерному. Регрессионный анализ позволил установить, что времена запаздывания, продолжительности и периоды изменялись практически по линейному закону с увеличением расстояния от обсерватории до места генерации возмущений.

СТАТИСТИКА КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НАД АЛМАТОЙ

А. Ф. Яковец, К. Ж. Нурмуханбетова, В. В. Водяников, Г. И. Гордиенко

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

karakoz_nur@list.ru

Изучение отклика атмосферы и ионосферы на магнитные бури и суббури является ключевым моментом для понимания физических механизмов взаимодействия магнитосферы-ионосферы-термосферы. Во время магнитосферных суббурь происходит генерация крупномасштабных атмосферных гравитационных волн и крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (КМ ПИВ). Настоящая работа посвящена исследованию вероятности появления КМ ПИВ над Алматой во второй половине 23 цикла солнечной активности.

Ночные зондирования ионосферы, как наиболее благоприятные для регистрации КМ ПИВ, проводились на установленном в Институте ионосферы ионозонде «Парус». Зондирование осуществлялось в пятиминутном режиме. Длина сеанса измерения в зависимости от сезона составляла ~ 8 – 12 ч., при этом середина сеанса примерно приходилась на местную полночь. Критические частоты обыкновенной и необыкновенной компонент и действующие высоты отражения радиосигнала на ряде фиксированных рабочих частот непосредственно считывались с ионограмм полуавтоматическим методом. Графики временных рядов указанных параметров образовывали первичный материал, визуальный просмотр которого позволял на основе известных критериев идентифицировать КМ ПИВ и отличать их от ионосферных возмущений, вызванных эффектом ночных повышений ионизации F-слоя плазмосферного происхождения.

Всего за период 2000 – 2008 гг. было получено и обработано сто шестьдесят восемь тысяч ионограмм, что позволило сделать надежные статистические оценки вероятностей появления КМ ПИВ над Алматой в разные сезоны при различной величине солнечной активности. Проведенная обработка показала, что: а) средняя вероятность появления КМ ПИВ составляет ~ 50%, б) сезонная зависимость вероятности появления волновых возмущений имеет два максимума, приходящихся на равноденственные месяцы, в) зависимость среднегодовых значений вероятности появления КМ ПИВ обнаруживает медленное падение вероятности появления от максимума до минимума активности, на фоне которого выделяется пик примерно в середине нисходящей ветви солнечного цикла, в) эти особенности присущи и геомагнитной активности, что свидетельствует о том, что основным механизмом генерации крупномасштабных КМ ПИВ являются процессы, связанные с геомагнитными возмущениями.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ АГВ ОТ ПРИЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ВЕРХНЮЮ ТЕРМОСФЕРУ

А. Ю. Леонтьев, Г. В. Лизунов

Институт космических исследований НАН и НКА Украины

anton_leontiev@ukr.net

Исследуется возможность проникновения атмосферных гравитационных волн (АГВ) от сильных приземных источников, в частности, от землетрясений в верхнюю термосферу. Показано, что спектральные диапазоны существования волн в верхней и нижней атмосфере не перекрываются между собой: АГВ, распространяющиеся на высотах порядка 300 км, не достигают поверхности Земли из-за полного отражения от основания термосферы, а тропосферные АГВ, распространяющиеся вверх поглощаются ниже 200 км. Поэтому один из самых интересных и неожиданных результатов данной работы следующий: волновые возмущения, реально существующие в $F2$ -области ионосферы, не могут никоим образом быть сгенерированы наземными источниками непосредственно. Это могут быть только вторичные АГВ.

В качестве гипотетического механизма генерации термосферных АГВ землетрясением мы исследовали следующую цепочку процессов. На первом этапе акустический (инфразвуковой) импульс, сгенерированный землетрясением, распространяется квазивертикально вверх и достигает высот E - и $F1$ -областей ионосферы. Затухая, акустический импульс нагревает слой воздуха в диапазоне приблизительно от 80 до 160 километров; этот нагретый слой мы назвали «акустическим слоем Чепмена». Разница между температурой нагретого слоя и окружающей среды достигает нескольких десятков градусов. Нагретый слой является источником вторичных АГВ, которые распространяются в термосфере на большие, до нескольких тысяч километров, расстояния от эпицентра землетрясения.

Эти теоретические результаты подтверждаются исследованием отклика ионосферы, который наблюдался на спутнике АЕ-Е, на мощное землетрясение ($M=5$).

Конференция молодых учёных

ДИСТАНЦИОННОЕ
РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ
ИОНОСФЕРЫ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

6 – 9 апреля 2010 г.
г. Харьков, Украина

Компьютерная вёрстка: Богомаз А.В.

© 2010, Институт ионосферы НАН и МОН Украины
61002, ГСП, г. Харьков-2, ул. Краснознамённая 16
Тел./факс: (057) 706-22-87
e-mail: iion@kpi.kharkov.ua