

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОУ ВПО «МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В. А. ИВАНОВ

РАДИОМОНИТОРИНГ
НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Монография

Йошкар-Ола
МарГТУ
2010

УДК 621.396.969.1:504.064

ББК 32.95:20.18

И 20

Рецензенты: зав. кафедрой радиотехники Нижегородского государственного университета, доктор технических наук, профессор **И. Я. Орлов;**

зав. кафедрой радиоэлектроники Казанского государственного университета, доктор физико-математических наук; профессор **А. М. Насыров.**



Иванов, В. А.

И 20 Радиомониторинг нижней ионосферы Земли: монография / В. А. Иванов. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – 184 с.
ISBN 978-5-8158-0818-8

Монография посвящена систематическому рассмотрению теоретических основ современного радиофизического метода радиомониторинга наименее изученной *D*-области ионосферы – метода частичных отражений, основанного на использовании явления обратного рассеяния коротких радиоволн неоднородностями нижней ионосферы, а также методик измерения и требований к аппаратуре. Показаны возможности метода для дистанционного измерения различных характеристик *D*-области ионосферы: профилей электронной концентрации и скорости ветра; частоты соударений электронов с молекулами; параметров неоднородностей. Большое внимание уделено использованию широкополосных радиосигналов с линейной частотной модуляцией.

Для специалистов по диагностике лабораторной и космической плазмы, ионосферному распространению радиоволн, радиотехнике и связи, для радио- и геофизиков, а также аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

УДК 621.396.969.1:504.064

ББК 32.95:20.18

ISBN 978-5-8158-0818-8

© Иванов В.А., 2010

© Марийский государственный
технический университет, 2010

Оглавление

Предисловие	6
Введение	7
I. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ	9
1.1. Сущность метода.....	9
1.2. Обобщенная магнитоионная теория.....	10
1.3. Квазипродольное приближение в обобщенной магнитоионной теории	13
1.4. Распределение вероятностей амплитуд и фаз частично отраженных сигналов	17
1.5. Физическая модель области, формирующей частично отраженные сигналы.....	23
1.6. Определение электронной концентрации в методе частичных отражений по дифференциальному поглощению магнитоионных компонент	29
1.6.1. Импульсное зондирование	29
1.6.2. Зондирование D -области сложными сигналами с линейной модуляцией частоты	33
1.7. Определение скорости ветра в D -области ионосферы методом пространственно-разнесенного приема частично отраженных сигналов	36
2. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ В МЕТОДЕ ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ	41
2.1. Корреляционная теория поля обратного рассеяния в магнитоактивной плазме	42
2.2. Поле обратного рассеяния в слабоионизированной неоднородной плазме для импульсных и ЛЧМ-сигналов	54
2.3. Определение электронной концентрации и частоты соударений в D -области ионосферы по статистическим характеристикам сигналов частично отраженных радиоволн	61
2.3.1. Методика дифференциального поглощения.....	61
2.3.2. Корреляционная методика	65
2.3.3. Методика дифференциальной фазы	68
2.3.4. Методика определения $v_m(h)$ -профиля в D -области ионосферы	71

2.4. Использование корреляционной теории в методе пространственно-разнесенного приема частично отраженных сигналов	72
3. МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ D-ОБЛАСТИ МЕТОДОМ ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ	82
3.1. Методика определения $N(h)$ -профиля по дифференциальному поглощению	82
3.1.1. Погрешности методического характера	83
3.1.2. Статистические погрешности	91
3.1.3. Ошибки квантования амплитуд	95
3.1.4. Влияние помех	95
3.2. Методика определения $N(h)$ -профиля по высотной зависимости коэффициента корреляции амплитуд	96
3.3. Методика определения частоты соударений электронов с молекулами	100
3.4. Методика определения параметров рассеивающих неоднородностей	103
3.5. Методика определения скорости горизонтального перемещения неоднородностей	105
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО И ЛЧМ-ЗОНДИРОВАНИЯ D-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ	108
4.1. Выбор рабочей частоты и длительности излучаемого сигнала	108
4.2. Параметры антенных систем	110
4.3. Приемно-передающая аппаратура для импульсного зондирования D -области ионосферы	111
4.4. Выбор параметров ЛЧМ-сигналов	117
4.4.1. Рабочая частота и девиация	117
4.4.2. Выбор формы огибающей ЛЧМ-сигнала	117
4.4.3. Выбор длительности сигнала	124
4.5. Требования к линейности закона модуляции частоты	126
4.6. Аппаратура для зондирования D -области ионосферы ЛЧМ-сигналами	131
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ ОТРАЖЕНИЙ ДЛЯ РАДИОМОНИТОРИНГА НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ	134
5.1. Исследование стратосферных неоднородностей	134

5.2. Определение параметров неоднородностей на уровнях мезосферы	140
5.3. Определение параметров неоднородностей спорадического слоя E	146
5.4. Определение профиля ветра в ионосфере	151
5.5. Исследование вариаций электронной концентрации в D -области ионосферы	154
5.6. Определение электронной концентрации в D -области ионосферы во время ионосферных возмущений	159
5.7. Определение высотной зависимости частоты соударений электронов с молекулами в D -области ионосферы	166
5.8. Определение параметров нагревной нелинейности в D -области ионосферы	170
Заключение	173
Приложение	174
Библиографический список	177

Научное издание

ИВАНОВ Владимир Алексеевич

РАДИОМОНИТОРИНГ
НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Монография

Редактор *Л. С. Емельянова*
Компьютерная верстка *Е. А. Рыбакова*

Подписано в печать 24.08.2010. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 10,69. Тираж 500 экз. Заказ № 91.

Марийский государственный технический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано в типографии ООО «Реклайн»,
Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95.