

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

*ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ  
ВОЛНЫ В АТМОСФЕРЕ  
И  
КОСМИЧЕСКОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ*

Ответственные редакторы

доктор технических наук А.В. СОКОЛОВ

доктор физико-математических наук А.А. СЕМЕНОВ



МОСКВА  
"НАУКА"

1986

**Электромагнитные волны в атмосфере и космическом пространстве.** – М.: Наука, 1986.

В сборнике рассмотрены вопросы распространения электромагнитных волн различных диапазонов на приземных и космических трассах, в тропосфере и плазменных средах. Приводится расчет ослабления радиоволн в осадках. Изложены дистанционные методы зондирования атмосферы и поверхности Земли и других планет.

Для специалистов, занимающихся изучением распространения электромагнитных волн и их применением для связи, локации, навигации и управления.

Рецензенты *А.И. Калинин, К.К. Товара*

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В АТМОСФЕРЕ И КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

*Утверждено к печати Ордена Трудового Красного Знамени  
Институтом радиотехники и электроники АН СССР*

Редактор *Л.Е. Кочарьянц*. Художник *А.А. Лукьяненко*  
Художественный редактор *С.А. Литвак*. Технический редактор *О.В. Аредова*  
Корректор *Т.И. Шеповалова*

Набор выполнен в издательстве на наборно-печатающих автоматах

ИБ № 31609

Подписано к печати 04.02.86. Т – 03419. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1  
Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл.печл. 17,0. Усл.кр.-отт. 17,1  
Уч.-изд.л. 19,4. Тираж 1200 экз. Тип. зак. 1126. Цена 3 руб

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Наука"  
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука"  
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Раздел первый	
РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН НА ПРИЗЕМНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ТРАССАХ	
<i>Арманд Н.А., Кибардина И.Н., Ломакин А.Н.</i> Распространение радиоволн в анизотропной турбулентной атмосфере . . . . .	5
<i>Арманд Н.А., Андрианов В.А.</i> Модель коэффициента преломления при распространении радиоволн в пограничном слое атмосферы . . . . .	15
<i>Шабельников А.В.</i> Рефракция миллиметровых волн в трехмерно-неоднородной атмосфере на приземных и космических трассах под малыми углами места . . . . .	25
<i>Троицкий В.Н.</i> Рассеяние дециметровых волн в стратосфере . . . . .	32
<i>Троицкий В.Н.</i> Дальнее распространение ультракоротких волн, обусловленное рассеянием на снежном и ледовом покровах горных вершин и хребтов . . . . .	42
Раздел второй	
РАСПРОСТРАНЕНИЕ И РАССЕЯНИЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН	
<i>Андреев Г.А., Хохлов Г.И., Черная Л.Ф.</i> Влияние подстилающей поверхности на распространение миллиметровых волн в атмосфере . . . . .	65
<i>Загорин Г.К., Соколов А.В.</i> Многократное рассеяние миллиметрового излучения круговой поляризации в дожде . . . . .	75
<i>Исхаков И.А., Зражевский А.Ю., Аганбекян К.А., Новичихин Е.П., Соколов А.В.</i> Поглощение и излучение атмосферы Земли в миллиметровом диапазоне волн . . . . .	82
Раздел третий	
ОСЛАБЛЕНИЕ РАДИОВОЛН В ДОЖДЯХ И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЕ	
<i>Соколов А.В., Сухонин Е.В., Бабкин Ю.С., Исхаков И.А.</i> Исследования ослабления миллиметровых волн в гидрометеорах в толще земной атмосферы . . . . .	96
<i>Сухонин Е.В., Бабкин Ю.С., Рукина А.Н.</i> Исследование пространственно-временных характеристик дождей с целью развития метода прогнозирования ослабления в них миллиметровых волн . . . . .	102
<i>Ермаков В.Б., Пожидаев В.Н.</i> Прогнозирование ослабления радиоволн диапазона 10–100 ГГц в дождях на горизонтальных и наклонных трассах . . . . .	110
<i>Алибегова Ж.Д., Рукина А.Н.</i> Параметры дождей и их соотношения для некоторых районов Сибири и Дальнего Востока . . . . .	120

## Раздел четвертый

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В ПЛАЗМЕННЫХ СРЕДАХ

<i>Акиндинов В.В., Еремин С.М., Лишин И.В.</i> Поля излучения электрических и магнитных источников в одноосевой анизотропной среде . . . . .	125
<i>Намазов С.А.</i> Рассеяние радиоволн анизотропными неоднородностями в регулярно-слоистой ионосфере . . . . .	137
<i>Карнаухов В.А.</i> Поляризационные особенности электромагнитного поля горизонтального электрического диполя диапазона ОНЧ в волноводе Земля–ионосфера . . . . .	150
<i>Аксенов В.И., Мошков А.В.</i> Магнитосферное распространение сверхдлинных радиоволн в геомагнитных волноводах . . . . .	158
<i>Ефимов А.И., Яковлев О.И.</i> Особенности распространения радиоволн в окосолнечном и межпланетном пространстве . . . . .	171

## Раздел пятый

### ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ПОВЕРХНОСТИ

<i>Кутуза Б.Г.</i> Поглощение миллиметровых и сантиметровых волн в облачных образованиях и его зависимость от температуры . . . . .	180
<i>Голунов В.А.</i> Исследование вариаций радиояркостных характеристик окружающей среды в ММ-диапазоне волн . . . . .	192
<i>Арсеньян Т.И., Семенов А.А.</i> Статистические характеристики тропосферных неоднородностей, получаемые при измерении флуктуаций электромагнитных волн на наклонной трассе . . . . .	200
<i>Калашников И.Э., Матюгов С.С., Павельев А.Г., Яковлев О.И.</i> Анализ особенностей метода радиопросвечивания атмосферы Земли . . . . .	208
<i>Кучерявенков А.И., Милехин О.Е., Павельев А.Г., Яковлев О.И.</i> Результаты исследования поверхности Венеры методом бистатической радиолокации . . . . .	219

## Раздел шестой

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИДИМОГО И ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ

<i>Бисярин В.П., Бисярина И.П., Третьяков Г.К.</i> Угловое рассеяние и ослабление лазерного излучения тропосферным аэрозолем разной микроструктуры . . . . .	231
<i>Бисярин В.П., Исмаилов А.Т., Нищак Ю.Н.</i> Влияние погодных условий на яркостные характеристики земной поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах волн . . . . .	243
<i>Лоскутов В.С., Стрелков Г.М.</i> Распространение лазерного пучка в атмосфере, замутненной сажистым аэрозолем . . . . .	255