

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ

ім. О. Я. Усикова

На правах рукопису

УДК 621.371:551.510.62

Білоброва Марія Володимирівна

СИСТЕМА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ НВЧ РАДІОСИГНАЛІВ ПРИ ПОШИРЕННІ  
НАД МОРЕМ ЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ВИМІРЮВАННЯМИ

Спеціальність 01.04.03. - радіофізика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Харків - 1996

ІНБ ім. В. Стефанів  
АН України

537.86

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00753864 (X)

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Інституті радіофізики та електроніки ім.  
О.Я.Усикова НАН України

Науковий керівник - доктор фізико-математичних наук  
Іванов Віктор Кузьмич

Офіційні опоненти :

доктор технічних наук, професор, завідувачий відділом Ін-  
ституту радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН  
України Разказовський В.Б.

кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співро-  
ботник Інституту радіоастрономії НАН України Шарпов Л.І.

Провідна організація - Харківський державний університет  
кафедра прикладної електродинаміки.

Захист дисертації відбудеться 3 грудня 1996р. о 14 годині  
на засіданні Спеціалізованої вченої ради Д 02.29.01 в Інсти-  
туті радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН України  
/310085, Харків, вул. Акад.Проскури, 12 /.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту  
радіофізики та електроніки ім.О.Я.Усикова НАН України  
за адресою: Харків, вул. Акад.Проскури, 12.

Автореферат розісланий 30.10 1996 р..

В.о. вченого секретаря  
Спеціалізованої вченої ради Д 02.29.01  
доктор фіз.-мат. наук

Ю.К.Сіренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вплив атмосфери та процесів, які проходять у ній, на поширення ультракоротких радіохвиль проявляється у дифракції та розсіюванні радіохвиль неоднорідними тропосфери. У діапазоні НВЧ може спостерігатися поглинання та розсіювання хвиль рідкими та твердими частками, які входять до складу повітря.

В 50 - 60 роки були проведені теоретичні та експериментальні дослідження поширення УК радіохвиль на різних трасах над сушею з метов вивчення характеристик розсіяних сигналів, які приводять до заобрійного поширення. Були вимірні поля електромагнітних хвиль на різних відстанях в залежності від сезону, часу, доби та метеорологічних умов. Вказані дослідження були проведені на великій кількості трас, але всі вони проходили над сушею.

На відміну від суші, в атмосфері над морем, завдяки великій вологості, можуть утворюватися приводні хвилеводи та припідняті інверсійні шари. Це приводить до ряду особливостей у поширенні НВЧ радіохвиль над морем.

Встановлення взаємозв'язку між метеорологічними процесами різного масштабу, станом морської поверхні та просторовою структурою полів НВЧ сигналів над морською поверхнею, розробка адекватних моделей приграничного шару атмосфери, розробка алгоритмів та програм розрахунку радіометеорологічних параметрів, які визначають умови поширення радіохвиль, а також алгоритмів і програм передбачання характеристик сигналів, які поширюються над морською поверхнею є актуальною задачею радіофізики та радіотехніки.

Мета роботи.

Обґрунтування методів, розробка алгоритмів та програм прогнозування сучасних та сезонних умов поширення УКХ над морською поверхнею з використанням як стандартних судових метеоданих, так і банка радіометеорологічних параметрів шляхом узагальнення стандартних судових метеовимірювань.

Дисертаційна робота виконана в лабораторії "Радіокліматології ІРЕ НАН України відповідно плану науково - дослідних робіт інституту у межах НДР "Подстанція-УН", "Подстанція", "Океан", "Прогноз-I", "Прогноз-II", "Прогноз-III", "Транзит-УН", "Торец-I".

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

### Методологія.

Поставлена задача вирішується за допомогою експериментальних, теоретичних досліджень та чисельних методів.

Наукова новизна дисертаційної роботи міститься у такому.

Установлено раніш невідомі закономірності розподілу флуктуацій коефіцієнту заломлення приводного шару атмосфери над океаном (дисперсії флуктуацій, продольні масштаби, коефіцієнт анізотропії та інші), які встановлюють їх зв'язок з метеоумовами. Це дозволило розвинути теорію поширення в приводному шарі атмосфери. Вперше показано, що степеневий закон " $-5/3$ " у колмогорівському спектрі для ізотропних флуктуацій метеорологічних параметрів поширюється до зони сильно анізотропних флуктуацій, що дозволяє використовувати теорію, розроблену Монінім та Обуховим, для подальшого вивчення приграничного шару атмосфери, розробки алгоритмів та програм розрахунку статистичних радіометеорологічних параметрів флуктуацій коефіцієнта заломлення атмосфери, які впливають на поширення УК радіохвиль.

Модернізовано американську систему діагнозу та прогнозування поширення радіохвиль IREPS шляхом урахування механізму розсіювання радіохвиль на турбулентних флуктуаціях коефіцієнта заломлення атмосфери.

Уточнено константи у полуміричній моделі приводного шару атмосфери; це дозволяє проводити розрахунки радіометеорологічних параметрів приводного шару атмосфери по стандартним гідрометеорологічним вимірванням.

Наукова та практична цінність роботи міститься у наступному:

- доведено, що по стандартним гідрометеорологічним вимірванням можна розраховувати основні радіометеорологічні параметри з похибок не більш 20%;

- розроблено методи, алгоритми та пакет програм розрахунку параметрів радіосигналів НВЧ діапазону над морською поверхнею з урахуванням усіх відомих в теперішній час механізмів поширення радіохвиль, що дозволяє запропонувати доступні методи діагнозу умов поширення радіохвиль УКХ та НВЧ діапазонів;

- по багаторічним даним стандартних судових гідрометеороло-

гічних вимірювань та аерологічного зондування розроблено банк радіометеорологічних параметрів Світового океану; -розроблено алгоритми та програми розрахунку імовірнісних характеристик роботи судових радіоелектронних приладів у різних районах Світового океану в визначені сезони року; - одержані результати дисертаційної роботи використовуються як при експлуатації радіоелектронних приладів, так і при проектуванні вказаних приладів нового покоління. Результати досліджень приводного шару атмосфери використовуються у навчальному курсі "Радіометеорологія" Одеського гідрометеорологічного інституту Мінвуза України.

Основні результати роботи, положення, висновки та рекомендації, які виносяться до захисту:

1. Обґрунтування методів розрахунку енергетичних характеристик сигналів УКХ діапазону з урахуванням відомих у теперішній час механізмів поширення радіохвиль на дистанціях до 500 км при різних висотах розміщення антен кореспондуючих пунктів, алгоритми та пакет програм для цих розрахунків.
2. Банк радіометеорологічних параметрів приграничного шару атмосфери над Світовим океаном, який базується на численних даних стандартних судових гідрометеорологічних вимірювань та даних аерологічного зондування.
3. Статистичні закономірності змінювання радіометеорологічних параметрів, які обумовлюють поширення радіохвиль УКХ діапазону.
4. Уточнено емпіричні залежності та константи у основоположній теорії Моніна-Обухова, які дозволяють розраховувати основні радіометеорологічні параметри з точністю, не гірше 20%.
5. Параметри припіднятих інверсійних шарів, оцінка їх впливу на характеристики сигналів УКВ і НВЧ діапазонів, а також просторові та часові неоднорідності цих параметрів, які приводять до глибоких замирань сигналів на похилих трасах.

Обґрунтованість і достовірність одержаних наукових результатів:

- використані метеорологічно атестовані прилади для вимірювань;
- використані апробовані методики експериментів, які охоплюють прямі вимірювання радіофізичних та радіометеорологічних параметрів, а також порівняння з розрахованими по метеорологічним параметрам;

- обробка експериментальних результатів заснована на відомих методах статистичної радіофізики;
- достовірність експериментальних результатів підтверджена повторенням результатів, здобутих у різних районах Світового океану у різні сезони року та збігом з теоретичними розрахунками;
- чіткою фізичною інтерпретацією результатів та наступним розвитком досліджень у працях інших авторів.

Особистий внесок. Усі результати дисертаційної роботи отримані за особистою участю автора. У працях, написаних у співавторстві, дисертанту належить: [1,8,10] - здобуття експериментальних матеріалів, програми їх статистичної обробки, зіставлення з теоретичними розрахунками, [2,5,11] - алгоритми та програми розрахунку характеристик радіосигналів та радіометеорологічних параметрів, алгоритми та програми розрахунку імовірнісних характеристик радіосистем; [3,4] - ідея оптимізації розміщення антен в залежності від метеоумов, проведення розрахунків та їх аналіз; [6] - методика та проведення статистичної обробки сигналів та аналіз впливу припіднятих інверсійних шарів на їх параметри; [7] - ідея оцінки напівемпіричних моделей приводного шару атмосфери, здобутих різними авторами, та порівняння розрахункових параметрів радіосигналів з урахуванням цих моделей; [9] - перевірка алгоритмів та програм розрахунку рівня поля радіосигналів у заданому районі Світового океану.

#### Апробація роботи.

Основні результати дисертаційної роботи були представлені на I Всесоюзній школі-семинарі "Методи представлення та обробки випадкових сигналів та полів" (Туапсе, 1987), на III Всесоюзній школі по поширенню мм і субмм хвиль в атмосфері (Харків, 1989), на Міжвідомчому семинарі "Радіометеорологічні умови дальнього тропосферного поширення УКХ над поверхнею океану" (Владивосток, 1989), на Всесоюзній нараді у приземного поширення радіохвиль та електромагнітній сумісності (Улан-Уде, 1990), на International Symposium "Physical and Engineering of Millimeter and Submillimeter Waves" (Харків, 1994), на Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасна радіолокація" (Київ, 1994).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 робіт, в тому числі 4 статті, 2 препринта, 5 тезисів доповідей.

Обсяг та структура роботи: Дисертація містить 139 сторінок, включає 43 мал., 4 таблиці та складається з вступу, трьох розділів, висновків та списку цитованої літератури з 54 назв.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі приведена загальна характеристика дисертаційної роботи, обґрунтована актуальність досліджень, сформульована мета роботи, наукова новизна роботи, практична цінність одержаних результатів. Наведені основні результати та основні положення, винесені на захист. Схематично викладено зміст дисертаційної роботи, апробація одержаних результатів, внесок дисертанта.

У першому розділі визначено основні радіометеорологічні параметри приводного шару атмосфери, які впливають на умови поширення УК и НВЧ радіохвиль над морською поверхнею, (висота хвилевода випаривання  $H_0$ , М-дефіцит  $\Delta M$ , структурна константа коефіцієнта заломлення  $C^2$ , коефіцієнт анізотропії флуктуацій коефіцієнта заломлення  $\alpha = \frac{L_{\perp}}{L_{\parallel}}$ , де  $L_{\perp}$  и  $L_{\parallel}$  вертикальний та горизонтальний розміри неоднорідностей коефіцієнта заломлення атмосфери, ступінь хвилювання морської поверхні).

Викладена методика проведення з борту корабля рефрактометричних вимірювань статистичних параметрів коефіцієнту заломлення у приводному шарі атмосфери. Вимірювання проводились спеціально розробленим рефрактометром, який має два однакових датчика, які можуть бути рознесені на відстань до 30 м.

Вимірювання радіометеорологічних параметрів коефіцієнта заломлення за допомогою рефрактометра - це надто важка задача, яка потребує високої кваліфікації. Саме тому була розглянута можливість використання стандартних гідрометеорологічних вимірювань для розрахунку основних радіометеорологічних параметрів. Одночасно були проведені числені рефрактометричні вимірювання радіометеорологічних параметрів та стандартні гідрометеорологічні вимірювання (температура повітря, вологість, тиск та швидкість повітря на висоті 10 -

15 м, температура морської води), оцінювалась висота морських хвиль у балах. Результати зіставлення цих вимірювань дозволили уточнити напівемпіричну модель приводного шару атмосфери у теорії подібності Моніна-Обухова та розробити алгоритми та програми розрахунку основних радіометеорологічних параметрів. Виявилось, що при певному виборі однієї із констант у напівемпіричній моделі здобуто добрий збіг розрахованих та вимірваних радіометеорологічних параметрів. Коефіцієнт кореляції між вимірними та розрахованими параметрами рівняється 0,86. Помилка розрахунку висоти хвилевода не перевищує  $\pm 2$  м.

У другому розділі розглянуті питання впливу припіднятих інверсійних шарів на параметри радіосигналів УКХ діапазону для випадку великої висоти одного з кореспондуючих пунктів. Встановлені межі застосування методів геометричної оптики для розглянутого випадку, зіставлені результати розрахунку напруженості електромагнітного поля по формулам геометричної оптики та формулам В.А.Фока для реально існуючих приводних хвилеводів та припіднятих інверсійних шарів.

Проведені зіставлення вказують, що для найбільш існуючих приводних хвилеводів у всій освітленій області можна використовувати методи геометричної оптики.

Експериментальні дослідження параметрів припіднятих інверсійних шарів вказують, що горизонтальне протягнення шарів було від декілька км до 200 - 300 км. Шари, як правило, не бувають горизонтальними, а мають кут нахилу у межах  $0,1-1,0^\circ$  та відрізняються великою мінливістю у часі та простору.

Припідняті інверсії є однією з основних причин глибоких флуктуацій сигналів, які перетинають інверсійний шар. Безперервна змінявання параметрів припіднятих інверсій є причиною виникнення глибоких згасань та сплесків амплітуди сигналів. Цей вплив виявляється більш усього поблизу горизонту, у районі перших інтерференційних пелюстків. На змінявання рівня сигналу великий вплив чинить також морське хвилювання.

Глибокі осциляції сигналів чинять великий вплив на роботу різних радіосистем. По записам прямого сигналу, перерахованим у значення відбитого сигналу, було розглянуто змінявання імовірності спостереження цілей для обраної радіолокаційної станції.

Як показали експериментальні дослідження, при будь-

якій рефракції дальність спостереження високолітавчої цілі може змінюватися у широких інтервалах у відповідності зі змінністю напруженості поля радіосигналу 50% забезпеченості.

Таким чином, радіолокаційне спостереження цілей на великих висотах суттєво залежить від структури поля радіосигналу, яка в свою чергу визначається мікроструктурою приграничного шару атмосфери по усій трасі радіопроменю, висота якого дорівнює 1 - 2 км.

Аномалії у дальності спостереження повітряних цілей пов'язані з мінливістю напруженості поля 50% забезпеченості. Разом з цим, рівень поля 50% забезпеченості може значно змінюватися від випадка до випадка для схожих метеорологічних умов. У зв'язку з цим було введено поняття середньої величини напруженості поля заданої забезпеченості та виявлені статистичні закономірності мінливості цієї величини.

За численними експериментальними даними дистанційних залежностей радіосигнала при польотах на висотах 10 км, 5 км і 2,2 км на хвилях 3,2 см і 10 см побудовано усереднені забезпеченості від відстані. Рівні сигналів 25%, 50% та 75% забезпеченості для хвиль 3,2 см і 10 см цілком однакові.

Таким чином, явища, які обумовлюють зниження рівня електромагнітного поля в порівнянні з розрахованими, дільть однаково з відстанню на обох хвилях.

У третьому розділі описано розроблений пакет алгоритмів та програм діагнозу умов поширення УК радіохвиль над морем "ПРОГНОЗ". Система є модернізацією американської системи діагностики і прогнозування умов поширення радіохвиль (IREPS). Ядром системи діагностики та прогнозування, як розробленої, так і американської є пакет програм, який реалізовано на персональному комп'ютері.

Він складається з двох основних частин:

1. База даних метеорологічних параметрів у різних районах Світового океану, який включає у себе сезонну статистику їх повторюваності, а також алгоритми та програми розрахунку радіометеорологічних параметрів.
2. Пакет програм розрахунку енергетичних параметрів радіосигналів, у якому реалізовані фізичні механізми поширення радіохвиль в привідному і припіднятому тропосферному хвилеводах. На відміну від системи IREPS, у розробленій системі реалізовані такі механізми поширення УК радіохвиль в пригра-

ничному шарі атмосфери:

1. Поширення у приводному хвилеводі випарювання з урахуванням розсіювання на анізотропних турбулентних флуктуаціях коефіцієнта заломлення атмосфери та на сквильованій морській поверхні.
2. Поширення у тропосферному хвилеводі, створеному припіднятою інверсією коефіцієнта заломлення.
3. Класичний механізм одноразового розсіювання (ДТП) у верхніх шарах тропосфери.
4. У Борновському наближенні ураховується внесок у розсіювання дифракційного поля.
5. Для освітленої області використовуються відбивні аналітичні залежності, які ураховують розсіювання на турбулентних флуктуаціях коефіцієнта заломлення атмосфери.

Пакет програм "ПРОГНОЗ" складається з організуючої частини системи, написаній на алгоритмічній мові Сі, та розрахункових модулів, написаних на алгоритмічній мові Фортран.

Вхідними параметрами системи є радіометеорологічні параметри або стандартні гідрометеорологічні вимірювання та параметри радіотехнічних приладів.

Програма виконує чотири види розрахунків:

- дистанційна залежність;
- висотна залежність;
- траєкторії;
- діаграма пошуку.

Для розрахунку множника згасання окремо розглядається освітлена область та область тіні.

Алгоритм розрахунку хвильових полів в освітленій області виконується по модефікованим інтерференційним формулам у випадково-неоднорідній тропосфері при наймі інверсії коефіцієнта заломлення.

Вплив припіднятої інверсії коефіцієнту заломлення у тропосфері здійснюється в приближенні лінійно-ломаної моделі М(Н). В області тіні множник згасання розраховується у вигляді суми нормальних хвиль. Поблизу горизонта здійснюється інтерполяція значення множника згасання.

Результатом роботи системи прогнозування є графік на екрані дисплея.

Дані про приводний шар атмосфери над Світовим океаном рознесені по сезонам і упорядковані по номерам 10-ти градус-

них квадратів (а в межах квадрата - по одноградусним квадратам та місяцям).

Архів приводних даних складається з 32 файлів, кожний з яких містить спостереження в одному октанті за один сезон. Загальна кількість спостережень перевищує 2.6 млн.

База радіометеорологічних параметрів складається з двох розділів. Перший розділ зв'язує географічні координати заданої точки Світового океану з кліматичними районами і обумовлює номер записів у другому розділі, який вміщує файли радіометеорологічних параметрів. Знавчи гістограми розподілу радіометеорологічних параметрів, можна наперед прогнозувати роботу радіоелектронних приладів у необхідному районі океану у необхідний час року.

#### ВИСНОВКИ

1. Визначено основні радіометеорологічні параметри приводного шару атмосфери, які впливають на умови поширення УК і НВЧ радіохвиль над морською поверхнею.

2. Одержано статистичні властивості висот хвилеводів, структурних констант, продольних розмірів неоднорідностей, коефіцієнту анізотропії неоднорідностей, дисперсії флуктуацій коефіцієнта заломлення атмосфери, які дозволяють:

- уточнити напівемпіричну модель приводного шару атмосфери;
- проводити теоретичні розрахунки характеристик радіосигналів, які поширюються над морською поверхнею;
- використовувати здобуті експериментальні дані в учбовому процесі по курсу "Радіометеорологія".

3. Показано, що за допомогою стандартних судових гідрометеорологічних вимірювань, можна проводити розрахунки дальності дії РЛС, в момент гідрометеорологічних вимірювань та на найближчий час, не вмикаючи її.

4. Розглянуто вплив припіднятих інверсійних шарів та приводних хвилеводів на параметри радіосигналів при великій висоті розміщення антени одного з кореспондуючих пунктів. Показано, що просторова мінливість параметрів припіднятих інверсійних шарів приводить до глибоких завмирань та осциляцій сигнала. Приведена оцінка зниження дальності спостереження радіолокаційних станцій в см и дм діапазонах.

5. Розроблено алгоритми та програми розрахунку параметрів

радіосигналів УКХ и НВЧ діапазонів в зоні прямої видимості, зоні тіні та ДТП при наявності одночасно приводних хвильоводів та припіднятих інверсійних шарів.

6. Розроблено алгоритми та програми розрахунку радіометеорологічних параметрів за даними стандартних судових гідрометеорологічних вимірювань.

7. Усі розроблені алгоритми та програми об'єднані у загальну систему "ПРОГНОЗ" - систему діагнозу та прогнозу умов поширення радіохвиль над морською поверхнею.

8. По багаторічним даним кораблів погоди та дослідницьких кораблів розраховані статистичні закономірності поведінки параметрів атмосферних хвильоводів, структурних констант і побудовані радіокліматичні карти Світового океану.

9. Розроблені алгоритми та програми розрахунку імовірностної оцінки роботи радіоелектронних приладів у вказаному районі Світового океану у необхідний сезон року.

#### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Comparison of different approaches for obtaining values of boundary layer radio meteorological parameters / M. V. Belobrova, V. K. Ivanov, F. V. Kivva, L. S. Pankratov and S. P. Salikov // Turkish Journal of Physics. - 1995. - V. 19, N 3. - P. 480-483.
2. Пакет программ для диагностики условий распространения ультракоротких радиоволн над морем / М. В. Белоброва, В. К. Иванов, А. В. Кукушкин, М. Б. Левин, Я. А. Фастовский // Изв. вузов. Радиофизика. - 1990. - т. 33, N 12. - С. 1315 - 1319.
3. Оценка флуктуационных параметров атмосферы, определяющих высвечивание электромагнитной энергии из атмосферного волновода / А. Л. Андреев, М. В. Белоброва, В. К. Иванов, А. Н. Кошель. - В кн.: Распространение радиоволн мм и смм диапазонов. - Харьков, АН УССР, 1989. - С. 5 - 19.
4. Радиометеорологические параметры, определяющие условия распространения СВЧ радиоволн над поверхностью океана и методы их измерения / М. В. Белоброва, В. К. Иванов, А. Н. Кошель и И. Е. Островский // Радиофизика и радиоастрономия. - 1996. - N 1 (в печ.)
5. Методика оценки распространения СВЧ радиоволн в пограничном слое атмосферы / М. В. Белоброва, В. К. Иванов, Ф. В. Кивва,

А. В. Кукушкин. - В кн.: III Всесоюзная школа по распространению мм и субмм волн в атмосфере. Тез. докладов. - Харьков, 1989. - С. 205-212.

6. Влияние приподнятого инверсионного слоя на уровень поля на трассе Земля-Воздух /А. Л. Андреев, М. В. Белоброва, В. В. Белоус, В. К. Иванов, А. Н. Кошель. - В кн.: Всесоюзное совещание по приземному распространению радиоволн и электромагнитной совместимости. Тез. докладов. Улан-Удэ, 1990. - С. 21-22.

7. Сравнение значений радиометеорологических параметров приводного слоя атмосферы, определенных различными методами: /А. Л. Андреев, М. В. Белоброва, В. К. Иванов, А. Н. Кошель, И. Н. Шейпук. - В кн.: Всесоюзное совещание по приземному распространению радиоволн и электромагнитной совместимости. Тез. докладов. Улан-Удэ, 1990. - С. 21-22.

8. Comparison of different approaches for obtaining the values of boundary layer radiometeorological parameters /M. V. Belobrova, V. K. Ivanov, I. E. Ostrovskij and L. S. Pankratov. - In: International Symposium "Physics and Engineering of Millimeter and Submillimeter Waves". 1994, June 7-10. Kharkov, Ukraine, URSI, v. III. - P. 561-563.

9. Исследование распространения УКВ радиоволн в прибрежной части Тихого океана /М. В. Белоброва, А. Н. Кошель, В. Е. Морозов, И. М. Мыценко, Л. С. Панкратов, А. А. Снуриков. - В кн.: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции "Современная радиолокация". Киев, 1994. - С. 88-89.

10. Статистические характеристики флуктуаций коэффициента преломления атмосферы в приземном слое /Белоброва М. В., Иванов В. К., Кивва Ф. В., Кошель А. Н. - Харьков, 1986. - 37 с. - (Препринт /АН УССР, ИРЭ; N 324).

11. Пакет программ для оценки условий распространения радиоволн УКВ диапазона в пограничном слое атмосферы над морем /Белоброва М. В., Кукушкин А. В., Левин М. Б., Фастовский Я. А. - Харьков, 1989. - 42 с. - (Препринт /АН УССР, РИ; N 31).

Белоброва М.В. Система оценки параметров СВЧ радиосигналов при распространении над морем по метеорологическим измерениям. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика. - Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Харьков, 1996. В диссертации приведены результаты экспериментальных метеорологических и радиометеорологических исследований приводного слоя атмосферы над морем, уточнены константы в модели приводного слоя атмосферы. Изучено влияние приподнятых инверсионных слоев на параметры радиосигналов. Разработаны алгоритмы и программы расчета радиометеорологических параметров, множителя ослабления радиоволн УКВ диапазона, создан банк радиометеорологических данных для Мирового океана. Все это объединено в единую систему "ПРОГНОЗ". Осуществлено внедрение результатов в учебный процесс вуза.

M.V. Belobrova. A system for estimating the parameters of UHF radio signals propagating over the sea from meteorological measured data. - Manuscript.

Thesis in partial fulfilment of requirements for the Ph.D. degree in physics and mathematics, speciality 01.04.03 - Radiophysics. - Institute of Radio Physics and Electronics, Kharkov, Ukraine, 1996.

This thesis presents results of experimental meteorological and radiometeorological investigations of the atmospheric boundary layer over the sea. Values of the constants in the model of the boundary layer over the sea has been improved. Effects of elevated inversion layers upon radio signal have been studied. Numerical algorithms and computer programs for calculating radiometeorological parameters and attenuation factor of UHF have been developed. A bank of radiometeorological data for the World Ocean has been created. All this has been united in the software system "PROGNOZ". The results have been offered for use in the curriculum of a technical university.

Ключові слова: поширення радіохвиль, коефіцієнт заломлення, приводний шар атмосфери, гідрометеорологічні вимірювання, коефіцієнт нізотропії, інверсійні шари, множник згасання.

Наукове видання

Білоброва Марія Володимирівна

СИСТЕМА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ НВЧ РАДІОСИГНАЛІВ ПРИ ПОШИРЕННІ  
НАД МОРЕМ ЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ВИМІРЮВАННЯМИ

Відповідальний за випуск В. К. Іванов

Під. до друк. 21.10.96р. Формат 60\*84/16.

Папір офс. Офс. друк. Умов.-друк. ар. 1.0. Обл.-вид. ар. 1.1

Тираж 100 прим. Зак. 77. Безкоштовно.

---

Ротапринт ІРЕ НАН України  
Харків-85, вул. Акад. Проскури, 12.

Белокрива Н.В. Система оцінки розповсюдження радіохвиль - Рукопис.

Дисертація на соціальну учбову ступінь магістра (фізико-математичного науку по спеціальності 10.04.04 - радіофізика) - Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків, 1998. В дисертації приведені результати експериментальних метеорологічних та радіометеорологічних досліджень прикладного сфера атмосфери над морем, утворення хмарності в нижньому прикладного сфера атмосфери. Також виконано порівняльний аналіз параметрів на параметри радіосигналу. Розроблено алгоритми та програмне забезпечення для обробки даних метеорологічних та радіометеорологічних досліджень. Результати досліджень використано для розробки системи "PROGNIZ" - програмного забезпечення для обробки результатів з учбовою метою.

N.V. Belokryva. A system for estimating the propagation of HF radio signals propagating over the sea from meteorological measured data - Manuscript.

Thesis in partial fulfillment of the requirements for the degree in physical sciences (radio physics) - Institute of Radio Physics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine, 1998.

This thesis presents results of experimental meteorological and radio meteorological investigations of the structure of the boundary layer over the sea. The effects of the boundary layer upon the effects of elevated inversion layers upon radio propagation have been studied. Numerical algorithms and computer programs for calculating radio meteorological parameters and other factors of HF have been developed. A bank of radio meteorological data for the World Ocean has been created. All this has been realized in the software system "PROGNIZ". The results have been offered for use in the curriculum of a technical university.

Курсова робота, виконана за предметом: фізика атмосфери, спеціальність: радіофізика, Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків, 1998.