

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

на правах рукописи

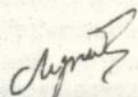
ЛУЖБИН АНАТОЛИЙ МИХАИЛОВИЧ

УДК 551.5:621.396.96.

МЕЗОСТРУКТУРА ПОЛЯ ИНДЕКСА ПРЕЛОМЛЕНИЯ РАДИОВОЛН

В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ

ПРИЧЕРНОМОРЬЯ



11.00.09 - метеорология, климатология, агрометеорология

А в т о р е ф е р а т
диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Одесса - 1993

Диссертация в виде рукописи

Работа выполнена в Одесском гидрометеорологическом институте

Научные руководители: кандидат физико-математических наук, доцент
КИБГАНОВ АНАТОЛИЙ ФЕДОРОВИЧ.

кандидат технических наук, доцент
САРКИСЯНЦ ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ.

Главные оппоненты: доктор технических наук, профессор
СТЕПАНЕНКО ВЛАДИМИР ДАНИЛОВИЧ.
г. Санкт-Петербург

кандидат географических наук, доцент
ВОЛОШИНА ЖАННА ВАСИЛЬВЕНА.

Место организации: ИНСТИТУТ РАДИОЭКОЛОГИИ УКРАИНСКОЙ АКАДЕМИИ
АГРАРНЫХ НАУК г. Киев

Защита диссертации состоится 23 декабря 1993г. в 10.00 часов
на заседании специализированного совета Д. 05.02.01 в Одесском
гидрометеорологическом институте в зале заседаний по адресу:
270016, г. Одесса-16, ул. Львовская 15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
гидрометеорологического института.

Автореферат разослан 22 ноября 1993г.

Ученый секретарь
специализированного совета



Н. С. ЛОВОДА

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00802635 (0)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Наряду с разработкой и внедрением новых технологий, как основополагающего фактора повышения экономической эффективности производства, крайне важно его переоснащение надежной техникой передачи и приема информации. В этом плане качественно новый импульс в своем развитии должно получить применение радиотехнических систем, отличительной особенностью использования которых является то обстоятельство, что каналом связи служит природная воздушная среда - атмосфера. Общепризнанным считается, что этот факт является их несомненным достоинством. Вместе с тем, будучи наиболее выгодным экономически, воздушный канал практически неуправляем и подвержен воздействию различных физических процессов, среди которых немаловажную роль играют метеорологические явления, приводящие к существенной изменчивости характера распространения радиоволн, а, следовательно, сказывающиеся на качестве передаваемой информации. Вот почему для эффективного использования воздушного канала необходимо проведение исследований, связанных с выяснением влияния метеорологических условий на радиофизические параметры атмосферы. Особенно остро эта проблема встает при изучении рефракционных условий распространения радиоволн в нижней тропосфере (пограничный слой) на границе раздела "суша-море", где, кроме сложного взаимодействия процессов тепло- и влагообмена между атмосферой и морем, в прибрежной зоне создаются специфические условия для развития циркуляций мезомасштаба, в частности, бризовой. Из всего достаточно широкого круга радиометеорологических задач в настоящей работе особо выделяются вопросы мезомасштабной структуры поля индекса преломления радиоволн в горизонтальной и вертикальной плоскостях в нижнем 1-километровом слое атмосферы применительно к территории Причерноморья. Это и явилось основной целью работы, тем более, что для данного региона к настоящему времени подобного рода исследования не проводились. Поскольку работы по теоретическому моделированию условий рефракции радиоволн в пограничном слое начали развиваться сравнительно недавно, особую ценность приобретают экспериментальные исследования структурных особенностей преломляющих свойств атмосферы, которые, кроме чисто прикладного значения, могут способствовать повышению уровня достоверности существующих моделей. Одним из важных прикладных результатов

исследования явилось построение статистической радиометеорологической модели нижней тропосферы для данного региона.

Основные задачи:

- выявление эффекта бризовой циркуляции в формировании мезомасштабной структуры горизонтального поля индекса преломления;
- исследование региональных особенностей вертикальной структуры индекса преломления в береговой и шельфовой зонах Причерноморья;
- построение статистической экспериментальной модели радиоатмосферы для нижнего 1-км слоя у границы раздела "суша-море" и некоторые практические рекомендации по ее использованию;

Научная новизна:

- впервые для исследуемого района проведено детальное исследование статистической структуры горизонтального поля индекса преломления на основе анализа 10-летнего ряда наблюдений на 16 станциях мезополигона;
- на основе анализа данных радиозондирования на ст.Одесса и Симферополь проведена количественная оценка вклада бризовой циркуляции в формировании особенностей вертикального профиля индекса преломления;
- впервые для территории Причерноморья на основе анализа 10-летнего ряда радиозондирования на ст.Одесса выявлены особенности распределения индекса преломления в пограничном слое на границе раздела "суша-море" и рассчитана повторяемость типов рефракции при различном характере макропереноса и типа брига;
- результаты анализа экспериментальных данных вертолетного (р-н Одессы) и аэростатного (привязаного) зондирования (р-н Феодосии) позволили определить тонкую структуру условий рефракции радиоволн у береговой и шельфовой зон Черного моря в нижнем 500-метровом слое тропосферы;
- впервые для территории Причерноморья на основе комплексного подхода построена радиометеорологическая модель пограничного слоя, которая может быть использована при проектировании и эксплуатации радиотехнических систем в данном регионе.

Практическая ценность:

Диссертационная работа является самостоятельной частью исследований, выполняемых в Одесском гидрометеорологическом институте на протяжении ряда лет. Некоторые результаты исследований вошли в отчеты по темам НИР.

Научно-методические выводы, расчеты и другие конкретные ре-

результаты исследования могут быть использованы для оценки, диагноза и прогноза условий рефракции радиоволн при проектировании и эксплуатации радиотехнических систем как в Причерноморье, так и в аналогичных по физико-географическим условиям регионах.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы докладывались на Всесоюзном совещании по рефракции электромагнитных волн в атмосфере (Томск, 1983), на научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов (ГТО, Ленинград, 1984; ВГИ, Нальчик, 1985); на Всесоюзном совещании по активным воздействиям на атмосферные процессы (Нальчик, 1988), на выездной сессии Научного совета АН УССР по проблеме "Физика и техника миллиметровых и субмиллиметровых волн" (Одесса, 1986), ежегодных (1983, 1993) отчетных научных конференциях ОГМИ; на расширенном научном семинаре кафедры активных воздействий и радиометеорологии (июль, 1993) и опубликованы в 5 научных работах.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 111 наименований. Работа изложена на 171 страницах машинописного текста, включая 33 рисунка и 8 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность, цель и задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе даются некоторые общие сведения о рефракции радиоволн в пограничном слое атмосферы, анализируются особенности его структуры на границе раздела "суша-водная поверхность", где акцентируется внимание на роли мезомасштабных циркуляций (особенно бризовой) в формировании полей метеовеличин. В завершении главы приводится обзор литературы, посвященной исследованию пространственной структуры поля индекса преломления в пограничном слое атмосферы, позволяющий сделать вывод об отрывочности, а иногда и противоречивости сведений, в особенности, для Причерноморья, как в его прибрежной (суша) так и шельфовой зонах. В результате, обосновывается необходимость исследования мезоструктуры поля индекса преломления радиоволн для территории Причерноморья.

Вторая глава посвящена исследованию статистической структу-

ры горизонтального поля индекса преломления в Черноморском регионе.

В начале главы представлен краткий климатический очерк Причерноморья. Здесь, в частности, указывается, что формирование климата Черного моря и его побережья определяется географическим положением моря, условиями атмосферной циркуляции над прилегающими к нему районами суши, а также орографической сложностью его берегов. Особенно подчеркивается роль местных (бризовых) циркуляций в формировании сезонных особенностей климата Причерноморья.

После приведенного очерка излагаются результаты радиоклиматического исследования большей части Украины, позволившие выявить наиболее характерные особенности в распределении приземного значения индекса преломления ($N_{\text{с}}$) в данном регионе. Для оценки влияния Черного моря на радиоклиматические характеристики приземной (приводной) атмосферы был выбран полигон, заключенный между 44 и 50 с.ш. и 28 и 40 в.д. Значения индекса преломления в узлах 2-х градусной сетки находились по среднемесячным климатическим данным о температуре, влажности и давлении.

В результате были построены карты полей индекса преломления для центральных месяцев климатических сезонов. Сравнительный анализ этих карт показал, во-первых, что независимо от сезона изолинии индекса преломления имеют практически широтный ход, а сами значения $N_{\text{с}}$ уменьшаются с севера на юг, т.е. при переходе с суши на море.

Во-вторых, сравнение среднемесячной карты (для зимы), рекомендованной Международным консультативным комитетом по радиосвязи и карты, полученной автором, показывает, что вторая более детализирована, пространственное распределение $N_{\text{с}}$ обладает существенной неоднородностью, особенно, в меридиональном направлении. Но наиболее заметные различия имеют место в летний сезон: на территории Украины значение индекса преломления изменяется от 315 в северных районах до 350 N-ед в южных.

Из анализа полученных карт следует также, что радиоклиматические характеристики приземных слоев атмосферы обладают достаточно заметной сезонной изменчивостью; значения $N_{\text{с}}$ являются экстремальными зимой (301...320 N-ед) и летом (315...350 N-ед).

При этом независимо от сезона наибольшие значения индекса преломления сосредоточены в достаточно узкой прибрежной полосе

Черного моря, где на процессы в приземном слое существенное влияние оказывают местные циркуляции типа бризовой и горнодолинной, что должно способствовать формированию мезонеоднородностей поля N_S .

Для их выявления был выбран фрагмент макромасштабного полигона, охватывающий северо-западную часть побережья Черного моря размером 200x200 км (мезополигон). Он был покрыт регулярной сеткой точек с шагом по широте и долготе, равным 50 км. Информация о температуре, влажности и давлении в узлах сетки, необходимая для расчета, была получена путем линейной интерполяции данных наблюдений метеорологических станций, расположенных на территории мезополигона.

Далее проведен сравнительный анализ среднесезонных карт, исходными данными для построения которых послужили 10-летние ряды среднесуточных значений метеовеличин. Выявлено принципиальное различие в распределении индекса N_S в пределах мезополигона, заключающиеся в том, что, если для января имеет место практически однородное поле, то для июля оно более изменчиво как по широте, так и долготе. Кроме этого, летние значения N_S в среднем на 20...30 % больше, чем для зимы. Вместе с тем, для сравниваемых полей N_S характерны и общие закономерности - изменчивость индекса преломления по долготе больше, чем по широте, и уменьшение N_S как зимой, так и летом происходит с юга на север, т.е. с удалением от береговой линии, что объясняется влиянием моря. Кроме того, отмечается, что если бы механизм обеспечения влагой приземных слоев атмосферы в оба сезона был одинаков, то в июле значения индекса преломления должны были бы быть меньше, чем в январе, поскольку летом температура подстилающей поверхности намного выше, чем зимой ($N_S \sim 1/T$). Следовательно, в летние месяцы, в отличие от зимних, имеют место дополнительные условия обогащения влагой приземного воздуха помимо макромасштабной циркуляции.

Это предположение подтверждают карты среднеквадратических отклонений и, особенно, карты изокоррелят (в качестве полюса взята ст. Одесса). Если для января значение коэффициента корреляции уменьшается на границе полигона по широте до 0.713, а по долготе до 0.769, то для июля оно убывает по широте до 0.440, а по долготе до 0.558, то есть летом корреляционная связанность поля N_S намного хуже, чем зимой.

Разделение данных по срокам наблюдений (03 и 15 ч) подтвердило правомочность высказанного выше предположения. Так, увеличение в 2 раза изменчивости индекса преломления в дневные часы по сравнению с ночными (14 N-ед ночью, 28.6 N-ед днем) указывают на значительное влияние местных циркуляций (бризов) в срок 15 часов. В противоположность этому зимой принципиальных различий в распределении индекса преломления в дневные и ночные часы не отмечается: диапазон изменений N_S за оба срока практически такой же, что и на карте, построенной по среднесуточным данным (8N-ед).

Далее в работе представлены результаты спектрального анализа временного хода индекса преломления в прибрежной зоне. Методом быстрого преобразования Фурье были получены энергетические спектры для бризовых и безбризовых ситуаций и выявлены скрытые периодичности. Кроме суточной гармоник, преобладающей в обоих случаях, при безбризовых ситуациях имеют место колебания с периодом 20 часов, аналогичные спектру температуры. При наличии бриза выявлены гармоники с периодом 12 и 8 часов, которые были статистически значимыми и в спектре влажности. Для суточной гармоник отмечается высокая когерентность спектров температуры и влажности ($F(w) = 0.91$) при сравнительно небольшой расстройке фаз (42°), то есть эти два фактора работают практически в одном направлении. В противоположность этому при наличии бриза когерентность уменьшается почти вдвое ($F(w) = 0.51$), а расстройка по фазе увеличивается более, чем в два раза. Для высокочастотных гармоник с периодами 12 и 8 часов при отсутствии бриза взаимная когерентность и синфазность значительно уменьшаются по сравнению с бризовыми ситуациями. Таким образом, в формировании временного хода индекса преломления при наличии бриза наряду с температурой заметный вклад вносит влажность (особенно в высокочастотной области), тогда как при отсутствии бриза главенствующая роль принадлежит температурному фактору, который наиболее отчетливо проявляется в низкочастотной области спектра N_S , то есть при генерировании колебаний с периодами 24 и 20 часов.

Дополнительное разделение июльских данных на три выборки: макроперенос с суши, с моря и, собственно, бризовые ситуации позволило рассчитать тонкую структуру мезонеоднородности горизонтального поля индекса преломления. Оказалось, что при дневном бризе значения N_S на территории мезополитгона в целом меньше, чем

при ночном; исключение составляет лишь узкая прибрежная полоса, где значения N_S не зависят от типа бриза, что объясняется сильным воздействием влажностного фактора. На остальной части мезополигона определяющую роль играет температура и с понижением ее ночью значения индекса преломления возрастают. Об этом же свидетельствует и распределение среднеквадратических отклонений и коэффициента вариации.

Коэффициент корреляции при ночном бризе изменяется в широтном и долготном направлениях, по существу, одинаково: на расстояниях порядка 100 км он убывает всего в два раза и практически сохраняет это значение до границы полигона. Для дневного бриза, как в широтном, так и в долготном направлениях, коэффициент корреляции убывает гораздо сильнее, чем в случае ночного бриза (особенно по меридиану) и уменьшение в два раза отмечается уже при расстояниях 50 км, а у границ полигона он не превышает 0.26.

В безбризовых ситуациях в пределах мезополигона влагосодержание приземных слоев атмосферы не претерпевает существенных пространственных изменений, поэтому температурный фактор и его пространственно-временная неоднородность вносят основной вклад в структуру поля индекса преломления. Для фиксированного срока наблюдений поля N_S при направлении макропереноса с моря и суши однотипны. Повышенный фон индекса N_S отмечается в срок 03 часа, когда над сушей температура приземного воздуха ниже, чем в прибрежной зоне. При прочих равных условиях макроперенос с моря, как правило, связан с циклоническим характером барического поля над акваторией Черного моря, а, следовательно, и повышенным количеством облачности. Это обстоятельство приводит к тому, что за счет экранирующего эффекта облачности радиационное выхолаживание становится менее интенсивным.

Для дневного (15 ч) срока механизм формирования полей индекса преломления под воздействием макропереноса сохраняется с той лишь разницей, что реализуется на более высоком температурном фоне. Поэтому значения индекса N_S в пределах мезополигона днем меньше, в среднем, на 15...20 N-ед, чем ночью (исключая узкую прибрежную полосу). Сравнение полей N_S для ночного и дневного сроков убеждает в том, что днем мезонеоднородности N_S проявляются более отчетливо, чем ночью. Об этом же свидетельствуют пространственные распределения среднеквадратических отклонений и коэффициента вариации. Нашло это отражение и в некотором снижении кор-

релированности полей N_E , особенно, в широтном направлении. Таким образом, вклад местных циркуляций (в данном случае бризовой) может заметно искажать фоновую мезомасштабную структуру.

Анализ экспериментальных наблюдений позволил выявить зависимость между радиофизическими параметрами нижних слоев атмосферы в прибрежной полосе ($N_{П}$) и открытой части моря ($N_{М}$), полученными при проведении экспедиций ОГМИ в северо-восточной части Черного моря. Дневное значение приземного (приводного) индекса преломления для прибрежной полосы и шельфовой зоны хорошо коррелируют между собой - коэффициент корреляции равен 0.850 ± 0.010 и с вероятностью 95% изменяется в пределах $0.820 \dots 0.880$. Отмечается увеличение изменчивости N в направлении береговой черты - значение среднеквадратического отклонения в зоне шельфа равно 8,8, а на побережье 10,0 N -ед. Данные экспедиций подтверждают, что тесная взаимосвязь между $N_{П}$ и $N_{М}$ сохраняется до расстояний порядка 100 км.

Третья глава посвящена исследованию вертикальной изменчивости индекса преломления в пограничном слое атмосферы (ПСА). Для этой цели использован комплексный подход, базирующийся на данных радиозондирования (ст.Одесса, 1965...1974гг), вертолетного (шельфовая зона в северо-западной части Черного моря - апрель-октябрь 1984г.), аэростатного зондирования на границе раздела "суша-море" и шельфовой зоне в северо-восточной части акватории Черного моря (район Феодосии - летние экспедиции ОГМИ 1981...1982гг). Вертикальный профиль индекса преломления по данным радиозондирования рассчитывался в слое 0+300м с шагом по высоте 50м, в слое 300+600м - 100м, в слое 600+ 900м был взят один шаг- 300м. Шаг по высоте в случае вертолетного зондирования в слое 100+500м составлял 100м. При аэростатном зондировании шаг был переменным и измерения метеовеличин проводились на высотах 2, 8, 15, 30, 50, 75, 100, 125м. Во всех трех случаях зондирования использовались данные измерений в летний период. Исходные выборки радиозондирования при этом дополнительно ранжировались в зависимости от срока наблюдений (03 и 15ч) и характера метеорологических условий (морской и береговой бризы, макроперенос с моря на сушу и с суши на море). Вертолетное и аэростатное зондирование осуществлялось преимущественно в дневные часы при малооблачной погоде, поэтому эти данные были отнесены к ситуациям с дневным бризом и макропереносу с моря на сушу. Объем всех ука-

знанных выше выборок был статистически обеспечен.

В результате анализа данных измерений установлено, что в случае дневного бриза во всем 900-метровом слое ПСА отмечается условие сухоустойчивой, но влажнонеустойчивой стратификации. При этом, вплоть до высоты 600 метров отмечается повышенное влагосодержание (упругость водяного пара $e=12\text{гПа}$), тогда как при ночном бризе такое значение упругости отмечалось лишь вблизи подстилающей поверхности. Указанные различия вертикальных профилей температуры и влажности нашли отражение и в особенностях распределения индекса преломления в пределах ПСА. Так, в случае ночного бриза в нижнем 300-метровом слое атмосферы вертикальный градиент индекса преломления γ_N равен $-0.07N\text{-ед/м}$, тогда как при морском бризе $\gamma_N=-0.09N\text{-ед/м}$, то есть степень рефракции в дневной срок выше, чем ночью. Еще более заметно различие условий рефракции в слое 300+600м, где γ_N для дня и ночи соответственно равны $-0.04N\text{-ед/м}$ и $-0.06N\text{-ед/м}$. Сравнительный анализ показал, что вертикальные профили N при ночном бризе весьма близки к условиям макропереноса с суши на море, а при дневном - с моря на сушу.

Установлено также, что в ночные часы при обоих направлениях макропереноса вертикальные градиенты индекса преломления в прибрежной (Одесса) и "континентальной" (Кишинев) зонах примерно одинаковы и мало отличаются от нормальных условий рефракции ($\gamma_N=-0.04N\text{-ед/м}$) во всем ПСА. Этот вывод сохраняется и для срока 15 ч при ветре с суши на море. Что же касается ситуаций макропереноса с моря на сушу, то для ст.Кишинев нормальные рефракционные условия сохраняются, тогда как для Одессы они резко возрастают ($\gamma_N=-0.08N\text{-ед/м}$).

В зависимости от порогового значения γ_N по данным 10-летней выборки (ст.Одесса) была рассчитана повторяемость различных типов рефракции. Оказалось, что наиболее вероятные условия повышенной рефракции имеют место при морском бризе (92%) и макропереносе с моря на сушу в 15ч (80%), хотя в нижнем 300-метровом слое она наблюдается при любой метеорологической ситуации в дневной и ночной сроки. В слое 300+600м условия повышенной рефракции могут отмечаться прежде всего при бризах (дневной-96%, ночной-52%) и макропереносе с моря на сушу (81%). В слое 600+900м вероятность повышенной рефракции уменьшается (до 50%) для всех типов метеорологических условий и сроков наблюдений.

Сравнительный анализ условий рефракции, близких к нормальной, еще раз подтвердил полученный ранее вывод о том, что в ночные часы преломляющие свойства нижних слоев атмосферы при береговом бризе близки к случаю макропереноса с суши на море, а в дневные часы при морском бризе - к макропереносу с моря на сушу.

Вероятность суб- и сверхрефракции для всех типов метеорологических условий намного меньше, чем условий, близких к нормальным. При этом условия сверхрефракции, хотя и достаточно редко (4%), могут иметь место только при морском бризе (в слое 300+600м) и макропереносе с моря на сушу в дневные часы (в слое 0+300м). Субрефракция возможна главным образом в срок 03ч и наиболее вероятна (при бригах - 16% и при ветре с моря - 9%) в слое 300+600м, когда в подинверсионных слоях возникают области повышенного влагосодержания, что и приводит к росту индекса преломления.

Экспериментальные данные вертолетного зондирования (62 случая) над шельфовой зоной Черного моря позволили установить, что в слое 100+400м имеют место условия повышенной рефракции, а в более тонком слое 200...300м, где располагается обычно приподнятая инверсия, - даже сверхрефракции. Лишь в самом верхнем слое 400+500м отмечаются условия нормальной рефракции.

Особый интерес представляют результаты обработки и интерпретация экспериментальных данных, полученных с помощью привязанного аэростатного зондирования на пирсе и судне, курсировавшем, в основном, на расстоянии 1.5 км от берега (район Феодосии). Статистический анализ позволил выявить, что в самом нижнем 8-метровом слое в прибрежной зоне отмечается чрезвычайно широкий диапазон изменений градиента индекса преломления, характерных для всех условий рефракции: субрефракции (5%), сверхрефракции (71%) и условия, близкие к нормальным (24%).

В слое 8+15 м наблюдается примерно такая же картина с той лишь разницей, что уменьшается повторяемость сверхрефракции (56%) и субрефракции (3%). В верхнем слое 75+125м преобладают (80%) условия, близкие к нормальной рефракции ($-0.08 < \gamma_n < -0.04$, N-ед/м). В зоне шельфа, как и для береговой черты, с высотой происходит сужение диапазона изменения γ_n и сверхрефракционные условия также наиболее вероятны (62...65%) во всем 100-метровом слое.

Мезонеоднородности индекса преломления формируются прежде

всего в дневное время. Спектральный и автокорреляционный анализ временных рядов N в нижнем 8-метровом слое показал, что максимум энергии приходится на инерционный интервал атмосферного спектра: зависимость спектральной плотности S_N от частоты хорошо согласуется с классическим законом " $-5/3$ " Колмогорова-Обухова, а значение временного радиуса корреляции составляет для срока 15ч - 800...900 с. Следовательно, в формировании флуктуаций индекса преломления N определяющую роль должны играть силы плавучести, характерные для процессов мезомасштаба (в Причерноморье - бризовая циркуляция).

В результате комплексного обобщения рефракционных условий данных трех видов зондирования предложена статистическая радиометеорологическая модель пограничного слоя атмосферы для территории Причерноморья, которая отражает условия дневного бриза и макропереноса с моря на сушу в летний период. Практическое ее приложение к некоторым видам радиотехнических устройств или систем (направленные антенны РРЛ, МРЛС) показало, что в реальных условиях диапазон изменения угла рефракции может быть весьма значительным. При морском бризе в нижнем 300-метровом слое суммарная рефракция составляет $13.7'$, а при ветре с моря - $14.1'$. Аналогичные данные во всем 900-метровом слое оказались соответственно равными $29.3'$ и $29.5'$. Занижение угла рефракции в нижнем слое при использовании осредненных профилей равно $3' \dots 3.5'$, а вклад этого 300-метрового слоя в суммарную рефракцию составляет около 50%.

В завершении главы показана приемлемость диффузионной теории при решении задачи о трансформации вертикального профиля индекса преломления при пересечении границы раздела "суша-море".

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования преломляющих свойств ПСА для территории Причерноморья не противоречат современным представлениям о механизме формирования поля индекса преломления в нижних слоях тропосферы у границы раздела "суша-море" и согласуются с аналогичными выводами ранее выполненных работ для других географических районов. Однако, принципиальное отличие данной работы состоит в попытке выявления эффекта мезонеоднородностей в поле индекса преломления путем комплексного подхода к анализу эксперименталь-

ны: данных радио-, вертолетного и аэростатного зондирования в прибрежной зоне Черного моря.

2. Сравнительный анализ построенных среднесезонных радиоклиматических карт горизонтального поля индекса преломления для территории Украины выявил наибольшую изменчивость N_s в летний период (июль), когда его значения изменяются от 315 N-ед в северных районах до 350 N-ед в южных. Зимой (январь) диапазон изменения индекса преломления заметно меньше (301...320 N-ед), а в переходные сезоны пространственное распределение этого параметра занимает промежуточное положение между экстремальными сезонами. При этом, независимо от сезона, наибольшие значения индекса преломления сосредоточены в достаточно узкой прибрежной полосе, то есть на границе раздела "суша-море".

3. Анализ среднесезонных карт горизонтального поля индекса преломления относительно к характеру метеорологических условий и срока наблюдений на территории мезополлигона (200x200км) показал, что зимой поле N_s практически однородно, тогда как летом оно более изменчиво как по широте, так и долготе - b_N летом в 2-2.5 раза больше чем зимой, а сами значения N_s в июле в среднем на 20-30N-ед больше, чем в январе. При этом независимо от сезона изменчивость индекса преломления больше по долготе, чем по широте и уменьшение N_s происходит с юга на север. Указанные различия полей N_s в пределах мезополлигона объясняются большим влиянием циркуляции мезомасштаба в их формировании в летний период по сравнению с зимним.

4. Спектральный анализ временных рядов температуры, влажности и индекса преломления для бризовых и безбризовых ситуаций позволил выделить статистически значимые колебания с периодами 24, 20, 12 и 8 ч. При этом последние два короткопериодных колебания отмечаются лишь в спектрах влажности и индекса преломления для бризовых ситуаций, тогда как при отсутствии бриза они статистически незначимы. В противоположность этому периоды 24 и 20ч характерны как при наличии бриза, так и при его отсутствии. Следовательно, влияние бризовой циркуляции в изменчивости индекса преломления проявляется прежде всего через флуктуации влажности.

5. Статистический анализ мезополей индекса преломления показал, что пространственная изменчивость этого параметра при дневном бризе гораздо больше, чем при ночном. Значения параметра N_s при дневном бризе близки к его значениям при макропереносе с мо-

ря на сушу, а при ночном - с суши на море. При этом в первом случае мезонеоднородности полей индекса преломления главным образом обусловлены влажностным фактором, а во втором - температурным.

6. Бризовая циркуляция вносит существенный вклад в формирование вертикального профиля $N(z)$, приводящий к заметной его трансформации особенно в нижнем 300-метровом слое. Вблизи береговой черты осредненные вертикальные профили индекса преломления для дневного бриза и при макропереносе с моря на сушу в 15ч хорошо согласуются между собой, равно как и профили $N(z)$ для ночного бриза и при макропереносе с суши на море в срок 03ч. Дневной бриз способствует увеличению однородности условий рефракции в большей толще пограничного слоя, чем при макропереносе с моря на сушу.

7. Условия повышенной рефракции в нижнем 300-метровом слое могут наблюдаться при любой метеорологической ситуации в дневные и ночные часы, но наиболее вероятны они при морском бризе (92%) и макропереносе с моря на сушу в 15ч (80%). Вольшая вероятность повышенной рефракции сохраняется и на высотах до 600м. Экстремальные, сверхрефракционные условия имеют место только при морском бризе и макропереносе с моря на сушу в дневные часы (4%). Субрефракция возможна главным образом ночью при бризах (16%) и при ветре с моря (9%) в слое 300+600м.

8. Рассчитанные по данным вертолетного зондирования вертикальные градиенты индекса преломления свидетельствуют о том, что над шельфовой зоной в слое 100...400м имеют место условия повышенной рефракции, а в более тонком слое 200...300м, где, как правило, располагается приподнятая инверсия, отмечается сверхрефракция. На больших высотах рефракционные условия близки к нормальным.

Данные аэростатного зондирования позволили восстановить тонкую структуру поля N_s в нижнем 100-метровом слое у границы "суша-море". При чрезвычайно широком диапазоне величин градиентов индекса преломления отмечается значительная повторяемость условий сверхрефракции (58...65%) в слое до 75м, тогда как с увеличением высоты возрастает вероятность условий, близких к нормальным. В зоне шельфа также происходит сужение диапазона изменения γ_M и условия сверхрефракции наиболее вероятны. Зависимость спектральной плотности S_M от частоты хорошо согласуется с зако-

ном "5/3" Колмогорова-Обухова, а значение временного радиуса корреляции для срока 15ч равно 800...900с, что характерно для процессов мезомасштаба.

9. Предложена статистическая радиометеорологическая модель пограничного слоя атмосферы для территории Причерноморья при условиях морского бриза и макропереноса с моря на сушу в летний период. Ее применение показывает, что занижение угла рефракции, рассчитанное с использованием осредненных профилей, может быть значительным, что приводит к большим ошибкам при радиолокационных измерениях.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ

1. Волошин В.Г., Лужбин А.М., Саркисянц В.А. К оценке влияния моря на приземную структуру коэффициента преломления атмосферы // Всесоюз. совещ. по рефракции электромагнитных волн в атмосфере: Тез. докл. - Томск. 1983. - с.247...249.

2. Лужбин А.М., Саркисянц В.А. Структура поля коэффициента преломления в инверсионных слоях вблизи границы "суша-море" // Радиофизические методы и средства для исследований окружающей среды в миллиметровом диапазоне: Сб. науч. тр. - Киев: Наук. думка, 1988. - с.87...91.

3. Лужбин А.М., Саркисянц В.А. Поле индекса преломления над морем // Физика и техника миллиметровых и субмиллиметровых волн: Сб. науч. тр. - Харьков: Препринт 7 ИРЭ АН УССР, 1987. - с.7...11.

4. Вондаренко В.Н., Лужбин А.М., Хоменко Г.В. Количественные характеристики метеорологических величин в пограничном слое атмосферы над районами Северной Атлантики /СИМИ - Одесса, 1988. - 29с. - Деп. в ВИНТИ.

5. Лужбин А.М. О влиянии бризовых циркуляций на преломляющие свойства атмосферы // VI научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов: Тез. докл. - Нальчик. 1985. - с.24.

№ 4-57) Новосибирск-Обьково, а данные арктического района
использованы для срока 150 дней 600...800, что характерно для
северного Казахстана.

3. Исследована статистическая зависимость между
погодными условиями атмосферы для территории Якутии при вы-
ходе из ледяного периода и метеорологическим состоянием в ледяной
период. Он одновременно показывает, что современная температура,
расстояние с использованием метеорологических данных, имеет близ-
костепенность, что приводит к выводу о наличии тесной зависимости
этих показателей.

ДО ТЕМ ДИКЕРТАНИ ИЛИ ДИКЕРТАНИ ИЛИ ДИКЕРТАНИ

1. Дикерта В. Г., Дикерта А. М., Дикерта В. А. Дикерта и
его роль в развитии структуры атмосферы. // Доклады Академии
наук // Новосибирск, 1960. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр.

2. Дикерта А. М., Дикерта В. А., Дикерта В. А. Дикерта и
его роль в развитии структуры атмосферы. // Доклады Академии
наук // Новосибирск, 1960. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр.

3. Дикерта А. М., Дикерта В. А. Дикерта и его роль в развитии
структуры атмосферы. // Доклады Академии наук // Новосибирск, 1960. -
100 стр. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр.

4. Дикерта В. И., Дикерта А. М., Дикерта Г. В. Дикерта и
его роль в развитии структуры атмосферы. // Доклады Академии наук
// Новосибирск, 1960. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр.

5. Дикерта А. М. О развитии структуры атмосферы на территории
северного Казахстана. // Доклады Академии наук // Новосибирск, 1960. -
100 стр. - 100 стр. - 100 стр. - 100 стр.

Ф-к. «Омьскта» 3.1623-100шт.

Handwritten text at the top of the page, possibly a page number or header, appearing as "Page 55" or similar.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a page number or footer, appearing as "Page 55" or similar.

Ab 28.595

AB 28.595