

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ЧАН НГОК КЫОНГ

УДК 551.554.52

ДИНАМИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН  
В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ.

( на примере юга Индокитая и Южно-Китайского моря)

11.00.09 - метеорология, климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

ОДЕССА - 1996



00739465 (Y)

Диссертация в виде рукописи

Работа выполнена в Одесском

Научные руководители: доктор физ.-мат. наук, профессор

Шпайдман Вольф Абрамович и

кандидат географических наук,

доцент Степаненко Сергей Николаевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор

Школьный Евгений Павлович и

кандидат географических наук,

ведущий научный сотрудник

Шенкевич Наталья Геннадьевна

Ведущая организация: Морской гидрофизический институт,

АН Украины, г. Одесса

Защита диссертации состоится 16 мая 1996 г., в 13<sup>00</sup> часов на заседании специализированного ученого совета

Д 05.02.01 при Одесском гидрометеорологическом институте по адресу: 270016, г. Одесса - 16, ул. Львовская 15, ОГМИ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского гидрометеорологического института.

Автореферат разослан 11 апреля 1996 г.Ученый секретарь  
специализированного совета

Н.С. Лобода

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## Общая характеристика работы

### Актуальность работы и степень исследованности тематики

Актуальность работы определяется необходимостью получения детальной метеорологической информации для обеспечения оперативного прогноза, метеорологического обслуживания различных отраслей хозяйства, транспорта и экологического мониторинга.

Используемые в настоящее время данные объективного анализа не позволяют выявить региональные особенности пространственного распределения метеорологических величин, особенно в районах с ярко выраженной неоднородностью подстилающей поверхности и малоосвещенных данными наблюдений. Выполненная работа дополняет данные объективного анализа путем использования комплексного подхода, объединяющего результаты объективного анализа и гидродинамического моделирования для региона юга Индокитая и Южно-Китайского моря.

### Цель и основные задачи научного исследования.

Целью исследования является количественное описание динамики пространственного распределения метеорологических полей над регионом с неоднородной подстилающей поверхностью.

Для достижения этой цели были сформулированы основные задачи научного исследования:

- адаптация метода гидродинамического моделирования атмосферного пограничного слоя к количественному описанию трехмерной структуры атмосферных процессов, протекающих над исследуемым районом;

- использование концепции типовых синоптических ситуаций в задаче гидродинамического моделирования атмосферного пограничного слоя;

- гидродинамико- синоптический анализ метеорологических полей по результатам расчетов с малым шагом по вертикали и горизонтали;

- выявление закономерностей формирования циркуляционного режима на границе суша-море.

#### Теоретическая и практическая ценность работы.

Теоретическая ценность работы состоит в обосновании возможности применения данных объективного анализа совместно с результатами моделирования пограничного слоя для количественного описания динамики пространственного распределения метеорологических величин в регионе с неоднородной подстилающей поверхностью. Эта возможность реализована для исследуемого района и проиллюстрирована практическим приложением в виде детальных полей ветра, температуры и вертикальных движений, что и составляет практическую ценность работы.

Научная новизна работы состоит в получении автором впервые для района юга Индокитая и Южно-Китайского моря:

- методики адаптации метода пограничного слоя к количественному описанию трехмерной структуры атмосферных процессов, протекающих над исследуемым районом;

- новой метеорологической информации об основных закономерностях регионального распределения метеорологических полей над континентальным и морским районами и на границе раздела;

- пространственного распределения вертикальных движений согласованного с полем ветра;

Апробация и публикация научных исследований. Основные результаты работы докладывались на научной конференции по итогам научно-исследовательских работ в ОГМИ в 1995 г. Диссер-

тационная работа обсуждена и рекомендована к защите на расширенном научном семинаре кафедры геофизической гидродинамики и теории климата в марте 1995 г. Основные результаты исследований опубликованы в 3 статьях.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы 87 наименований, из которых 8 иностранных и приложения.

Объем работы составляет 172 страницы, из которых 105 текста, 10 таблиц, 57 рисунков из них в приложении 6 таблиц и 31 рисунок.

Конкретный вклад диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту. В диссертационной работе лично автором проанализированы данные объективного анализа и осуществлен выбор конкретных естественных синоптических периодов в которых процессы развивались идентично типовым. Обоснована возможность использования данных объективного анализа в качестве исходной информации для восстановления трехмерной структуры пограничного слоя над сушей, морем и вблизи раздела суша-море. Выполнены расчеты, показывающие применимость оценки определяющих параметров АПС по выбранному пространственному разрешению модели. Проведено количественное описание временной изменчивости метеорологических полей в естественных синоптических периодах для четырех сезонов года. Решены прикладные задачи расчета вертикальных движений и оценки балла облачности.

На защиту выносятся

-методика использования стандартной метеорологической информации для восстановления детальной трехмерной структуры атмосферного пограничного слоя над конкретным регионом;

- количественная оценка пространственного распределения полей ветра и температуры над сушей, морем и границей раздела;

- обоснование достоверности рассчитанных метеорологических полей.

- анализ динамики взаимосвязанных полей ветра, вертикальных движений и его применение к оценке балла облачности.

Методология исследования состоит в комплексном использовании стандартной метеорологической информации и результатов гидродинамического моделирования атмосферного пограничного слоя над неоднородной подстилающей поверхностью.

#### Содержание работы.

Во введении отмечается актуальность темы, сформулированы основные положения, которые составляют научную новизну и предмет защиты.

В первой главе "Моделирование пространственного распределения метеорологических величин в нижней атмосфере над неоднородной подстилающей поверхностью" сформулирована постановка задачи. Так как исследуемый регион представляет собой сушу, водную поверхность и границу раздела суша-море, то в этой главе анализируются механизмы формирования пограничного слоя над различными видами подстилающей поверхности. Показано, что сформулированная постановка задачи основана на физико-математическом моделировании АПС с максимальным усвоением метеорологической информации.

Особое внимание уделено адаптации модели пограничного слоя к условиям конкретного региона. Методика адаптации включает обоснование выбора исходной информации и ее пространственного разрешения, алгоритма расчета определяющих параметров АПС. Подчеркнуто, что обязательным условием адаптации яв-

ляется проведение численных экспериментов по выбору оптимальных значений шагов по горизонтали и числа уровней по вертикали. В этой главе приведен вычислительный алгоритм расчета и основные направления исследований по моделированию динамики пространственного распределения метеорологических величин в пограничном слое атмосферы над неоднородной подстилающей поверхностью.

Во второй главе "Динамика крупномасштабных атмосферных процессов над исследуемым регионом" обосновывается концепция моделирования типовых синоптических ситуаций, согласно которой по данным объективного анализа для района с координатами  $5-30^{\circ}$  с.ш. и  $100-132,5^{\circ}$  в.д. (большой район) выбираются естественные синоптические периоды, в которых крупномасштабные атмосферные процессы развивались идентично типовым. Исходя из этой концепции, прежде всего осуществляется анализ типовых синоптических ситуаций для данного региона. В основу анализа положена динамика развития муссонной циркуляции. Из имеющихся данных объективного анализа с шагом  $2,5^{\circ}$  по широте и долготе отобраны следующие естественные синоптические периоды:

- период с 16 по 20 ноября 1993г.- первая фаза развития зимнего муссона;

- период с 6 по 10 января 1994г.- вторая фаза развития зимнего муссона;

- период с 16 по 20 апреля 1994г.- переходный от зимнего к летнему муссону;

- период с 1 по 5 июня 1993г.- начальная фаза развития летнего муссона.

Рассмотренная в данной главе первая фаза развития зимнего муссона характеризуется как начало развития северо-восточных муссонов, связанных с усилением полярного гребня Азиатского антициклона и влиянием северной периферии приэкваториальной депрессии. Перенос воздушных масс осуществляется в основном с востока на запад. Во второй фазе наблюдается дальнейшее усиление гребня повышенного давления и формирование самостоятельного антициклонального центра над океаническими районами. Это барическое образование определяет в основном циркуляцию над рассмотренным районом. Переходный период от зимнего к летнему муссону характеризовался тем, что в течение этого периода океаническая часть исследуемого района находилась под воздействием гребня антициклона, ось которого направлена с Восточно-Китайского моря к юго-западу. В континентальной части в связи с интенсивным прогревом оформился циклон, перемещающийся в северо-восточном направлении. Указанное барическое поле сформировало крупномасштабный воздушный перенос. Начальная фаза развития летнего муссона характеризуется взаимодействием экваториальной и Азиатской депрессий. Преобладающий перенос с юго-запада на северо-восток.

Таким образом, данные объективного анализа позволили выявить крупномасштабные закономерности распределения метеорологических величин для большого района. На фоне указанных распределений формировалось региональное пространственное распределение характеристик пограничного слоя для района юга Индокитая и Южно-Китайского моря (малый район). Детализация и уточнение пространственного распределения метеорологических величин в пограничном слое, взаимосвязанных с полем ветра вертикальных движений, характеристики погодных усло-

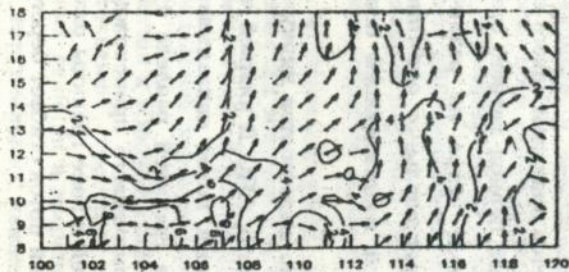
вий были получены с помощью гидродинамического моделирования пограничного слоя над малым районом.

В третьей главе "Пространственное распределение метеорологических величин в пограничном слое для типовых синоптических ситуаций" приведены результаты гидродинамического моделирования внутренней структуры пограничного слоя над исследуемой территорией. Моделирование осуществлялось для района с координатами  $8-18^{\circ}$  с.ш и  $100-120^{\circ}$  в.д. с шагом сетки по широте и долготе один градус на 21 уровне по вертикали в слое до 1500м. Входными данными для расчетов являются проинтерполированные в узлы регулярной сетки, покрывающей исследуемый район, значения температуры, точки росы, давления, геопотенциала вблизистилающей поверхности и на АТ-850, а также составляющие скорости ветра на уровне АТ-850. Моделирование производится с помощью вычислительного алгоритма подробно изложенного в первой главе диссертации.

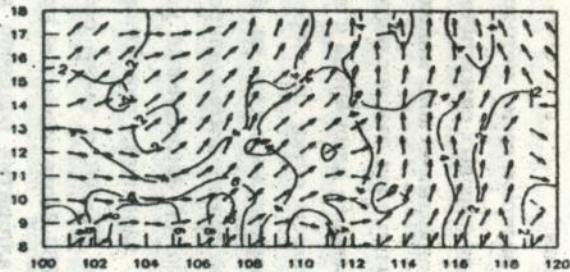
Проиллюстрируем результаты расчетов анализом одного срока 3 июня 1993 (естественно-синоптический период летнего сезона). Наибольший интерес представляет поле ветра на различных уровнях, поскольку в нем отражены региональные особенности, формирующиеся за счет неоднородной подстилающей поверхности.

Как видно из рис. 1, в поле ветра четко выделяются циркуляционные системы в верхней и нижней частях АПС. В нижней части АПС на общий юго-западный муссонный поток накладываются локальные особенности, обусловленные границей раздела суша-море, барическими возмущениями термического происхождения и влиянием зоны ВЗК. Разрыв скоростей в зоне границы раздела суша-море достигает 2-4 м/с. Воздушный поток огибает берего-

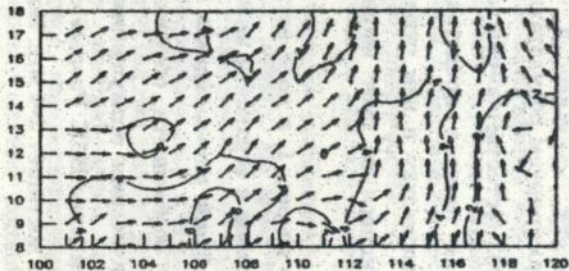
а)



б)



в)



г)

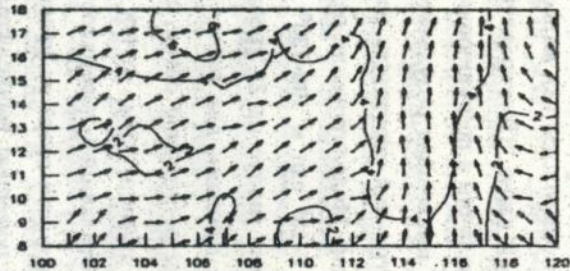


Рис. 1. Скорость ветра и направление переноса на уровнях 10 м(а).  
200 м(б). 500 м(в). 1000 м(г) 3 июня 12 ч. СВВ

вую черту полуострова и направлен с запада на восток, а затем с юго-запада на северо-восток. Возмущения в поле ветра на северо-западе района отражают циклоническую циркуляцию термического происхождения, которая не проявляется в поле давления. Ослабление скорости ветра до 1-2 м/с в ложбине низкого давления отражает влияние ВЗК. Над Южно-Китайским морем четко прослеживается раздел между Индийским и Индонезийским потоком.

Следует обратить внимание на довольно сложную картину распределения векторов ветра над водной поверхностью, формирующейся под влиянием динамического и термического взаимодействия. В верхней части АПС исследуемый регион четко разделяется на две области (западнее и восточнее  $113^{\circ}$  в.д.). Западные районы находятся под воздействием воздушных потоков, направленных с северо-запада на юго-восток, перемещающихся с Индийского океана. Над восточной частью региона наблюдаются южные и юго-западные потоки из районов Индонезии.

Из полученных результатов видно, что в районе взаимодействия указанных муссонов наблюдаются максимальные скорости ветра, достигающие 10 м/с на уровне 1000 м и 14 м/с на уровне 1500 м.

В целом циркуляционный режим летнего периода характеризуется преобладанием западной составляющей переноса в отличие от зимнего периода, когда преобладает восточная составляющая.

В диссертации приведено подробное описание динамики пространственного распределения полей давления, температуры и ветра для выбранных четырех естественно-синоптических периодов. Выявлены особенности термобарического и циркуляционного

режима, которые проявляются в результатах гидродинамического моделирования АПС. В частности, по результатам моделирования удалось определить границы муссонных потоков, формирующихся в различных географических районах, зоны сходимости и расходимости линий тока, приводящих к формированию вертикальных движений различного знака, замкнутые циркуляции, неразрешимые по данным объективного анализа, динамический эффект границы раздела суша-море. Полученные выводы свидетельствуют о перспективности использования предложенного комплексного подхода к исследованию динамики пространственного распределения метеорологических полей.

Достоверность полученных выводов иллюстрируется сопоставлением рассчитанных и полученных по данным наблюдений скоростей ветра на уровне 925 гПа. Ошибки составляющих и модуля ветра не превышают 1,5 м/с, а направления  $15^{\circ}$ .

В качестве прикладной задачи математического моделирования пограничного слоя были рассчитаны вертикальные движения и выявлена связь между вертикальными движениями, дефицитом точки росы и баллом облачности. Эти результаты приведены в четвертой главе "Количественная оценка взаимодействия пограничного слоя со свободной атмосферой и подстилающей поверхностью." По рассчитанному трехмерному распределению векторов ветра с помощью уравнения неразрывности были определены вертикальные движения в узлах пространственной сетки. Отнесенные к уровню 1000 м скорости вертикальных движений (вертикальные токи) являются количественной оценкой взаимодействия пограничного слоя и свободной атмосферы. Вертикальные токи были рассчитаны для четырех ЕСП, проанализировано их пространственное распределение и взаимосвязь с полем ветра.

В качестве примера рассмотрим результаты расчета для 3 июня 1993 г. (рис. 2).

Горизонтальное распределение вертикальных движений характеризуется существенной неоднородностью. Наблюдается чередование в горизонтальной плоскости восходящих и нисходящих токов, которые сохраняют один и тот же знак во всем АПС. Для рассматриваемого срока исследуемый район характеризуется, в основном, восходящими движениями над водной поверхностью и нисходящими - в континентальных районах, над горной частью юга Индокитая четко проявляется эффект орографического воздействия в прибрежной зоне, где с наветренной западной стороны горных цепей Чыонг Шона наблюдаются восходящие движения, достигающие по модулю на уровне 1000 м 5-1 гПа за 12 ч, с подветренной стороны наблюдаются нисходящие потоки с максимальной величиной 74 гПа/12ч. Как видно из рисунка, граница раздела суша-море является зоной наиболее интенсивного формирования вертикальных движений за счет наложения орографического эффекта и изменения шероховатости подстилающей поверхности. Четко проявляется сложение этих эффектов, проявляющееся в преобладании более высоких значений нисходящих потоков. Это подтверждается анализом пространственного распределения вертикальных токов вблизи границы раздела для зимнего ЕСП, когда направление потоков было противоположным. Выполнено сопоставление распределений вертикальных движений и лапласиана приземного давления. Показано, что однозначной зависимости между указанными распределениями не наблюдается. Поле лапласиана может служить лишь фоновой характеристикой знака вертикальных движений. Выполнено обобщение количественных закономерностей динамики



вертикальных токов для различных сезонов и приведены экстремальные значения вертикальных токов для начала, середины и конца периодов для летнего и зимнего сезонов.

Анализ выполненного обобщения показал, что восходящие вертикальные движения на верхней границе пограничного слоя в достаточно сложном районе могут достигать по модулю 180 гПа/12 ч. в зимний период и 80 гПа/12 ч. в летний период. Для нисходящих движений соотношение вертикальных скоростей обратное, летом они достигают 130 гПа/12 ч., а зимой 70 гПа/12 ч. Это чисто региональный эффект связанный с различными направлениями воздушных потоков в зимний и летний периоды. Были сопоставлены пространственные распределения вертикальных движений и векторов ветра. Основное внимание было уделено выявлению характерных особенностей циркуляционного режима и типу вертикальных движений. Показано, что рассчитанные поля вертикальных движений и поле ветра обладают высокой степенью согласованности. Достоверность рассчитанных вертикальных движений подтверждается номограммой, на которой приведен балл облачности, вертикальные токи и дефицит точки росы. Измеренные величины балла облачности хорошо укладываются в демаркационные линии номограммы, используемой в оперативной практике. В этой главе так же приведен анализ характеристик динамического и термического взаимодействий атмосферы и океана.

В заключении формулируем основные результаты, полученные в диссертации:

- разработана методика адаптации модели атмосферного пограничного слоя к условиям исследуемого района;

- дана количественная характеристика динамики пространственного распределения метеорологических величин для типовых синоптических ситуаций;

- выявлены закономерности формирования циркуляционного режима над неоднородной территорией, включающей континентальны и морской районы, границу раздела суша-море;

- рассчитаны вертикальные движения и дан анализ их связи с пространственным распределением ветра и облачностью.

По теме диссертации опубликованы научные работы:

1. Чан Нгок Кыонг. Турбулентно-циркуляционный режим нижней атмосферы на территории Вьетнама в антициклоническом барическом поле // Сб. Метеорология, климатология и гидрология. № 31, Одесса - 1995. С. 45-52.

2. Чан Нгок Кыонг. Циркуляционный и термический режимы над юго-западной частью Тихого океана по данным объективного анализа // Сб. Метеорология, климатология и гидрология. № 31, Одесса - 1995. С. 53-58.

3. Чан Нгок Кыонг. Пространственные распределения вертикальных движений над юго-западной частью Тихого океана // Сб. Метеорология, климатология и гидрология. № 32, Одесса - 1995. С. 54-58.

4. Чан Нгок Кыонг. Турбулентно-циркуляционный режим нижней атмосферы на территории Вьетнама в антициклоническом барическом поле // Деп. в ГНТВ Украины 02.10.95 № 2194- Ук 95. -16 с. ( в соавторстве с проф. В.А.Шнайманом).

5. Чан Нгок Кыонг. Циркуляционный и термический режимы над юго-западной частью Тихого океана по данным объективного анализа // Деп. в ГНТВ Украины 10.07.95 № 1770- Ук 95. -16 с. ( в соавторстве с проф. В.А.Шнайманом).

## Аннотація.

Чан Нгок Кыонг. Динамика пространственного распределения метеорологических величин в пограничном слое атмосферы. (на примере юга Индокитая и Южно-Китайского моря)

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.09- метеорология, климатология и агрометеорология. Одесский гидрометеорологический институт. Одесса 1996.

Выполнена адаптация модели атмосферного пограничного слоя к исследуемому району. Для типовых синоптических ситуаций дано описание динамики распределения метеовеличин над поверхностью суши, моря и границы раздела. Рассчитаны вертикальные движения и обоснована достоверность полученных результатов.

## Abstract

Tran Ngoc Cuong. The dynamics of meteorological values spatial distribution in the atmospheric boundary layer (for example of south of Indochina and South-China sea)

The dissertation is presented in form of manuscript to claim the academic degree of candidate of geographycal sciences. Spesiality-11.00.09, meteorology, climatology and agrometeorology. Odessa. Hydrometeorological institute. Odessa. 1996.

The adaptation of the atmospheric boundary layer model was made for investigated region. For typical synoptic situations the description of meteorological values spatial distribution dynamics over laud, sea and interface was done. The vertical motions were calculated and it was given proof of received results.

Ключові слова:

динаміка, просторовий розподіл, пограничний шар, розділ.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Подп. к печати 10.04.96г. Формат 60x84 1/16.  
Объем 0,7уч.изл. л. 1, Оп. л. Заказ № 152/3. Тираж 100экз.  
Гортипография Слесского управления по печати, цех №3.  
Риппельская 49.



AB 34.603

**AB 34.603**