

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ДАО НГОК ХУНГ

УДК 551.510.52

ТУРБУЛЕНТНО-ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ РЕЖИМ
НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ НАД ИНДОКИТАЕМ

11.00.09 - метеорология, климатология и агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

ОДЕССА - 1996



00759781 (.)

Диссертация является рукописью
Работа выполнена в Одесском гидрометеорологическом институте

Научный руководитель: доктор физ. -мат. наук,
профессор Шнайдман Вольф Абрамович

Официальные оппоненты: доктор физ. -мат. наук,
профессор Ефимов Владислав
Анатольевич

кандидат географических наук,
Лев Татьяна Дмитриевна

Ведущая организация: Украинский научный центр экологии моря,
г Одесса

Защита диссертации состоится 25 апреля 1996 г.
в 10⁰⁰ 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 25 марта 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Н.С. Лобода

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Общая характеристика работы

Актуальность работы и степень исследованности тематики определяется необходимостью разработки современных методов количественного описания турбулентно-циркуляционного режима атмосферы для использования при метеорологическом обслуживании авиации, обеспечения экологического мониторинга и создания численных схем локального прогноза погоды.

Основной количественного описания турбулентно-циркуляционного режима является модель географического пограничного слоя.

Расчет характеристик внутренней структуры АПС для конкретных естественно-синоптических периодов для территории Индокитая практически является малоисследованным.

Цель и основные задачи научного исследования.

Цель исследования - количественное описание турбулентно-циркуляционного режима нижней атмосферы над территорией Индокитая на основе физико-математического моделирования внутренней структуры атмосферного пограничного слоя с максимальным усвоением стандартной метеорологической информации. Для достижения этой цели был использован гидродинамико-синоптический анализ, состоящий из следующих этапов:

- физико-математической постановки задачи;
- выбора типовой синоптической ситуации для каждого сезона и ее анализ по данным объективного анализа;
- моделирования турбулентно-циркуляционной структуры нижней атмосферы малого района с шагами сетки 1^0 по долготе и широте;
- анализа типовых синоптических ситуаций по данным математического моделирования для каждого сезона;

- количественного описания типовых вертикальных профилей ветра и турбулентности в АПС для крупных аэропортов Индокитая.

Теоретическая и практическая ценность работы состоит в адаптации модели географического пограничного слоя к условиям конкретных регионов. Эти методы представляют практическую значимость поскольку с их помощью разрабатываются схемы локального прогноза, метеорологического обслуживания авиации и экологического мониторинга.

Научная новизна работы состоит в решении автором впервые для Индокитая следующих задач:

- разработан метод расчета характеристик АПС на основе обобщения стандартной метеорологической информации и модели геофизического пограничного слоя;

- дана количественная оценка внутренней структуры пограничного слоя для аналогов типовых синоптических ситуаций;

- выявлены закономерности динамики пограничного слоя, обусловленные воздействием крупномасштабных синоптических процессов и региональных особенностей территории Индокитая;

- разработана методика расчета и дано количественное описание вертикальных профилей метеовеличин в нижней атмосфере для метеорологического обслуживания авиации.

Апробация и публикации научных исследований. Основные результаты работы докладывались на научной конференции по итогам научно-исследовательских работ в ОГМИ в 1995 г. Диссертационная 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 4 статьях.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения четырех глав, заключения, списка литературы 81 наименований, из которых 7 иностранных и приложения.

Объем работы составляет 219 страниц, из которых 119 текста, 37 таблиц, 47 рисунков из них в приложении 24 таблицы, 57 рисунков.

Конкретный вклад диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту. В диссертационной работе лично автором выполнена адаптация метода математического моделирования пограничного слоя атмосферы к условиям Индокитая путем выбора количественных параметров вычислительного алгоритма модели.

Реализован расчет взаимосвязанных трехмерных полей метеовеличин и характеристик турбулентности с детальным пространственным разрешением в нижней части атмосферы над Индокитаем. Для типовых синоптических ситуаций проведен гидродинамическо-синоптический анализ рассчитанных полей метеовеличин и параметров турбулентности, обоснована применимость рекомендованного подхода к обслуживанию авиации.

На защиту выносятся

- постановка задачи и вычислительный алгоритм восстановления трехмерной структуры пограничного слоя атмосферы над Индокитаем по данным объективного анализа;

- гидродинамико-синоптический анализ взаимосвязи структуры АПС и крупномасштабных атмосферных процессов для типовых естественных синоптических периодов;

- количественное описание взаимосвязанных трехмерных полей метеовеличин и характеристик турбулентности с детальным пространственным разрешением в нижней части атмосферы над Индокитаем;

6

- методика подготовки метеорологической информации для обслуживания авиации и расчет вертикальных профилей метеовеличин и параметров турбулентности для крупных аэропортов Индокитая.

Методология и методы исследований. Для определения турбулентно-циркуляционного режима пограничного слоя используется комплексный подход, объединяющий расчет трехмерной структуры метеорологических полей путем обобщения данных наблюдений и физико-математического моделирования.

Содержание работы.

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

В первой главе "Формирование пограничного слоя атмосферы над ограниченной территорией" на основе современного состояния исследований по моделированию АПС сформулирована постановка задачи. Физико-математическая постановка задачи основана на модели геофизического пограничного слоя. В ней учтены основные физические механизмы формирования АПС.

Вычисленный алгоритм включает замкнутую систему полных уравнений гидротермодинамики совместно с уравнениями замыкания для турбулентных параметров. Граничные условия учитывают динамическое, термическое и влажностное воздействие подстилающей поверхности на натекающий поток и взаимодействие АПС со свободной атмосферой.

Во второй главе "Циркуляционно-термический режим нижней атмосферы над Индокитаем" приведена физико-географическая и климатическая характеристика района. Показано, что над исследуемым районом господствует мощная муссонная циркуляция, опреде-

ляемая смещением планетарных зон атмосферного давления и ветра в сочетании с взаимодействием материка и океана. Поэтому в основу классификации крупномасштабных атмосферных процессов положен критерий динамики развития муссонной циркуляции на полуострове. Это в соответствии с анализом крупномасштабных атмосферных процессов является наиболее обоснованным. Согласно принятой концепции для каждого типового процесса был выбран конкретный естественный синоптический период, процессы в котором были идентичны типовому. По данным объективного анализа Российского гидрометцентра выполнен гидродинамико-синоптический анализ указанных ЕСП и обоснован их выбор в качестве типовых.

По данным объективного анализа Российского гидрометцентра были выбраны конкретные ситуации, которые ближе всего соответствуют указанной выше классификации.

Для периода развития северо-восточных муссонов была выбрана синоптическая ситуация с 5 по 10 января 1994. В течение этого периода интенсивно развивался Азиатский зимний антициклон, образующий типичные полярные вторжения до тропических широт.

Для периода затухания полярных муссонов была выбрана синоптическая ситуация с 14 по 21 апреля 1994 г. В течение этого периода ослабевает влияние Азиатского антициклона, усиливается роль термической депрессии.

Для периода развития летних муссонов была выбрана синоптическая ситуация с 5 по 12 июня 1993г. В этот период начинает развиваться Азиатская депрессия, под действием которой оказываются и районы Индокитайского полуострова.

Для периода переходного от летнего муссона к зимнему была выбрана синоптическая ситуация с 20 по 26 октября 1993 г., которая ха

рактируется распространением области повышенного давления на территории Индокитая.

В третьей главе "Турбулентно-циркуляционная структура атмосферного пограничного слоя над Индокитаем для типовых синоптических ситуаций" приведен подробный анализ пространственно-временного распределения характеристик турбулентно-циркуляционного режима по результатам математического моделирования АПС.

Для каждого выбранного конкретного естественно-синоптического периода, в котором атмосферные процессы развивались идентично типовым, были рассчитаны характеристики взаимодействия с подстилающей поверхностью и свободной атмосферой и трехмерное распределение скорости ветра, температуры, массовой доли водяного пара, коэффициента и интенсивности турбулентности и вертикальные токи.

Приведенный гидродинамико-синоптический анализ для исследуемого малого района (МР) согласован с данным объективного анализа Российского гидрометцентра. Основное внимание уделено выявлению циркуляционных структур неразрешимых по данным объективного анализа с шагом 2.5°.

Наибольшее внимание уделено пространственному распределению полей давления, геопотенциала ветра и турбулентным характеристикам.

В качестве примера приведем результаты гидродинамико-синоптического анализа для одного из дней зимнего сезона, 6 января 1994 г..

Анализ полей ветра на высотах (рис. 1) показывает, что до уровня 500 м на большей части территории преобладают ветры с восточной составляющей. По сравнению с предыдущими сутками область заня

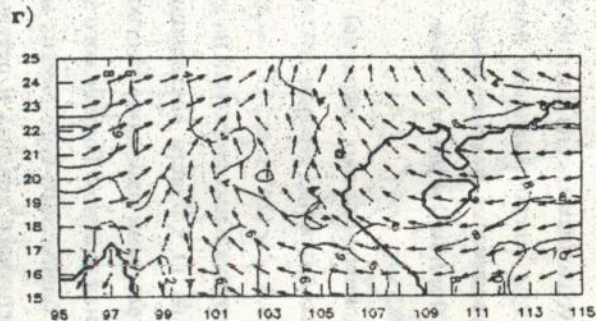
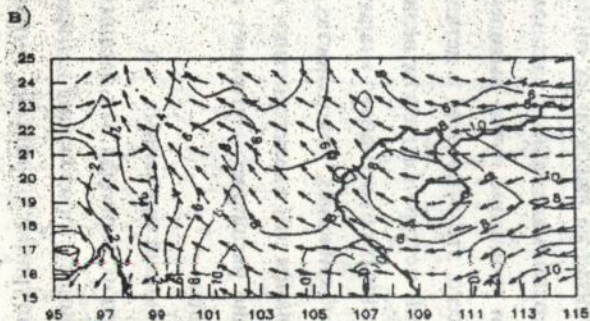
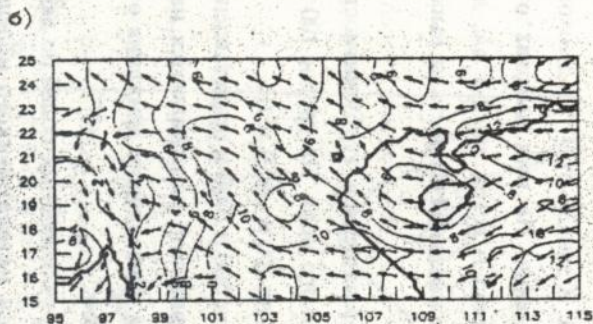
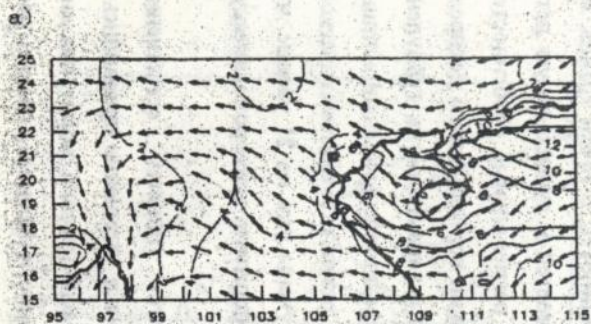


Рис. 1. Скорость ветра и направление переноса на уровнях 10 м(а),
200 м(б), 500 м(в), 1000 м(г).
06 января 12 ч. СГВ

тая восточными потоками, смещается к западу в среднем на 2° , что связано с усилением гребня антициклона. К западу от 97° в.д. сохраняются ветры северо-западного направления. На всех высотах отмечается увеличение максимальных скоростей ветра, на 2-3 м/с, до уровня 1000 м и на 1.4 м/с на 1500 м. Максимальная скорость на высоте 1500 - 18.5 м/с.

Район максимальных значений коэффициентов турбулентности (рис 2) находится над севером Андаманского моря. На уровне 100 м он равен $25.3 \text{ м}^2/\text{с}$ (24° с. ш., 97° в. д.), а на 200 м - $40.9 \text{ м}^2/\text{с}$.

Поля вертикальных движений на уровне 500 и 1000 м представлены на рис. 2 (в, г). Области восходящих движений располагаются над континентальными районами Индокитая. Нисходящие движения отмечаются над районом Тонкинского залива.

Анализ барических, термических и циркуляционных полей по данным объективного анализа и результатам математического моделирования указали на высокую их согласованность, с точки зрения, отражения крупномасштабных закономерностей и существенную детализацию и уточнение путем выявления региональных особенностей. Прежде всего, это относится к детализации вертикального распределения полей метеорологических величин и характеристик турбулентности. В данных объективного анализа представлены значения лишь на 3-х изобарических поверхностях. В результате математического моделирования эти характеристики получены уже на 21 уровне, что существенно расширяет и уточняет стандартную метеорологическую информацию.

В проанализированных в работе типовых естественно-синоптических периодах эта детализация и уточнение проявились в определении местоположения центров расположения замкнутых вихрей, конфигурации линий тока, интенсивности переноса, границ рай-

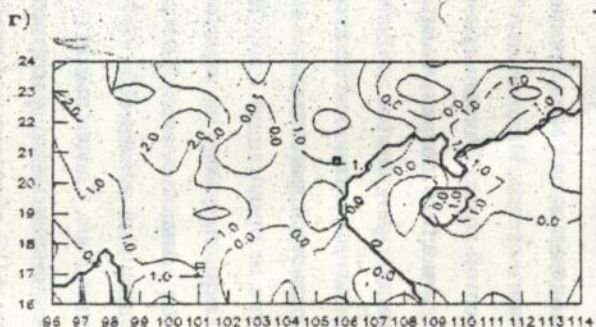
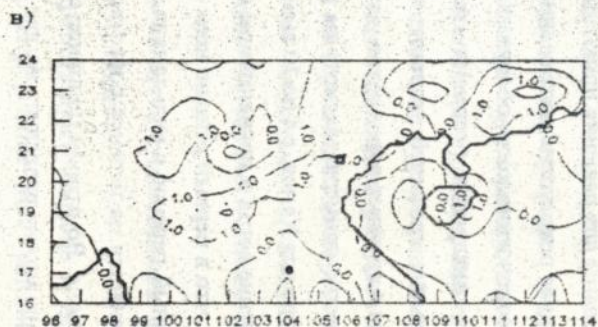
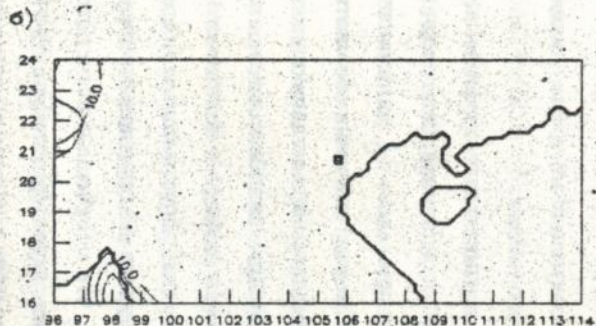
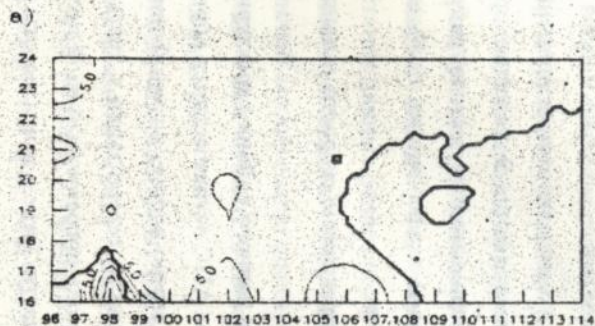


Рис. 2 Коэффициент турбулентности на уровнях 100 м (а), 500 м (б). Вертикальные движения на уровнях 500 м (в), 1000 м (г). 26 января 12 ч. СВВ

онов, находящихся под воздействием воздушных масс, смещающихся с Индийского океана, Индонезии и Тихого океана.

В четвертой главе "Закономерности вертикальных профилей ветра и турбулентности в пограничном слое" для оценки достоверности полученных результатов было проведено сопоставление рассчитанных и фактических величин. Средние значения абсолютных величин разностей, рассчитанных и наблюдаемых составляющих векторов ветра не превосходят 1 м/с. Наибольшие ошибки отмечаются в весенний период, однако их максимальная величина не превосходит 1,1 - 1,5 м/с. Анализ значений погрешностей расчета показал, что из 900 рассчитанных значений в 91 % случаев абсолютная ошибка не превосходит 2 м/с. Сделан вывод о том, что полученные расчеты пространственно-временного распределения характеристик внутренней структуры АПС обладают высокой степенью точности и могут быть использованы для решения прикладных задач.

Основные результаты математического моделирования применены для метеорологического обслуживания авиации. В качестве практического внедрения рекомендуется использование метода расчета вертикальных профилей скорости ветра и характеристик турбулентности для 4 крупных аэропортов региона.

В качестве примера рассмотрим распределение скорости и направление ветра для Ханоя, с 4 по 10 января.

Направление ветра в пограничном слое данного района характеризуется тем, что в первый день во всем слое АПС осуществляется хорошо выраженный перенос с юго-запада на северо-восток, который постепенно меняется на перенос с юго-востока на северо-запад к третьему дню периода. Во второй половине периода пограничный слой по направлению можно разделить на две области - ниже и выше высоты 600

м. В нижней области сохраняется перенос с юго-востока на северо-запад, а в верхней области вновь происходит смена направления переноса. Здесь преобладают уже потоки, направленные с юго-запада на северо-восток, а на переходных уровнях с юга на север.

В указанный период скорость ветра изменялась от 2.0 м/с у поверхности земли до 5-6 м/с на верхней границе пограничного слоя. Ее увеличение отмечалось только до уровня 200м, а далее модуль скорости оставался практически неизменным. В некоторых случаях скорость ветра понижалась вплоть до уровня 1500м.

Максимальные значения коэффициентов турбулентности и кинетической энергии турбулентности отмечались на нижних уровнях 30 и 50 м и изменялись в пределах 0.3-1.1 м²/с и 0.02 - 0.11 м²/с соответственно.

С точки зрения обслуживания взлета и посадки самолета заслуживает внимания слой 400-600м, где происходит резкая смена направлений ветра и снижение скорости.

Представленные сведения о вертикальных профилях убедительно демонстрируют сложную картину вертикального распределения ветра и характеристик турбулентности в исследуемом районе. Выполненный детальный анализ убедительно свидетельствует о необходимости сочетания данных радиозондирования и модельных расчетов для получения необходимого разрешения по вертикали. Одновременно проведенный анализ свидетельствует о потенциальных возможностях выявления слоев, важных, с точки зрения метеорологического обслуживания авиации.

Обобщение модельных расчетов является существенным дополнением к климатическому описанию аэропортов.

Таким образом, с помощью разработанного подхода существенно детализируется пространственное распределение циркуляционных па-

раметров нижней атмосферы, крайне необходимых при метеорологическом обслуживании авиации.

Выводы. Основные выводы, вытекающие из результатов выполненного исследования:

- разработан метод количественного описания турбулентно-циркуляционного режима нижней атмосферы над ограниченной территорией;
- получено пространственно-временное распределение основных параметров пограничного слоя атмосферы над территорией Индокитая для типовых синоптических ситуаций;
- подтверждена достоверность описания циркуляционного режима и обоснованность использования его характеристик в задаче метеорологического обеспечения авиации;
- обоснована применимость и перспективность использования предложенного подхода для расширения и уточнения стандартной метеорологической информации.

По теме диссертации опубликованы такие научные работы:

1. Крупномасштабные факторы, определяющие турбулентно-циркуляционный режим территории Индокитая. // Сб. Метеорология, климатология и гидрология. № 31, Одесса - 1995 С. 6. (в соавторстве с проф. В. А. Шнайдманом).

2. Турбулентно-циркуляционный режим нижней атмосферы на территории Вьетнама в циклоническом барическом поле. // Сб. Метеорология, климатология и гидрология. № 31, Одесса - 1995 с. 8. (в соавторстве с проф. В. А. Шнайдманом).

3. Прикладные задачи модели атмосферного пограничного слоя для обслуживания метеорологической информацией гражданской авиации. // Сб. Метеорология, климатология и гидрология. № 32, Одесса - 1995 с. 3.

4. Крупномасштабные факторы, определяющие турбулентно-циркуляционный режим территории Индокитая. // Деп. в ГНТВ Украины 21.06.94 № 1200 -Ук 94 и анотирована в библиографическом указателе ВИНТИ. 1994, № 10 (264). -21 С.

Аннотация.

Дао Нгок Хунг

Турбулентно-циркуляционный режим нижней атмосферы над

Индокитаем.

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.

Количественное описание турбулентно-циркуляционного режима нижней атмосферы над Индокитаем осуществлено с помощью комплексного метода, объединяющего обобщение стандартной метеорологической информации и математическое моделирование. По данным объективного анализа были отобраны естественно-синоптические периоды, которые были идентичны типовым и для них рассчитаны поля метеорологических величин и параметров турбулентности в узлах регулярной сетки с шагом 1° по горизонтам и 21 уровня по вертикали. С помощью гидродинамики-синоптического анализа были выявлены основные закономерности пространственно-временного распределения характеристик пограничного слоя для типовых синоптических ситуаций. Проведенное сопоставление результатов моделирования и данных объективного анализа показало высокую точность воспроизведения циркуляционных параметров пограничного слоя. Разработанная методика рекомендована для использования в метеорологическом обслуживании авиации путем восстановления вертикальных профилей ветра и параметров турбулентности с малым шагом по вертикали. В заключении приведены основные выводы из проведенного исследования.

Dao Ngoc Hung

The turbulent and circulation regime of low atmosphere for Indochina.

The quantitative description of low atmosphere turbulent and circulation regime for Indochina was realized by composite method which combined the results of objective analysis data were used for choice the synoptic periods in which the atmospheric processes were indentical to typical. For these periods the meteorological and turbulence fields were obtained in regular area grids with the 1^o horizontal step and 21 height levels. The hydrodynamic - synoptic analysis was applied for discovery of spatial and temporal distribution of boundary layer parameters for typical synoptic situations. The modeling results and objective analysis data comparison showed their good coincidence. The method of vertical profiles calculation was recommended for aviation meteorological service.

The main results of the investigation were given in the conclusion.

Ключові слова: моделювання, турбулентність, пограничний шар, вертикальний профіль.



ЛНЗ ім. В. Стефаника
АН Ужгород

Полп.к печати 25.03.96г. Формат 60x84 I/16.
06"ем 0,7уч,изд,л, I,Оп.л. Заказ № П13 3.Тираж 100экз.
Гортипография Олесского управления по печати.цех№3.
Рительевская49.

445814

AB 34.561