

ОДЕССКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ТИМОФЕЕВ Владислав Евгеньевич

УДК 551.553

ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ
СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ НИЖНИХ УРОВНЕЙ НАД РАЗЛИЧНЫМИ
ГЕОГРАФИЧЕСКИМИ РАЙОНАМИ

11.00.09 – метеорология, климатология и агрометеорология

В.Т.И.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

ОДЕССА, 1993 г.

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Одесском гидрометеорологическом институте.

Научные руководители: доктор физико-математических наук,
профессор

Шакина Наталия Павловна;

кандидат географических наук, доцент

Ивус Галина Петровна.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор

Ефимов Владислав Анатольевич;

кандидат географических наук,

старший научный сотрудник

Лев Татьяна Дмитриевна.

Ведущая организация: Украинский научный центр экологии моря
Минприроды Украины (г. Одесса)

Защита диссертации состоится 11 ноября 1993 г в 10 часов
на заседании специализированного совета Д 05.02.01 в Одесском
гидрометеорологическом институте по адресу: 270016, г. Одесса,
ул. Львовская, 15, ОГМИ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОГМИ.

Автореферат разослан 6 октября 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Лобода

Н. С. Лобода

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00810687 (U)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. Струйные течения нижних уровней (СТНУ) атмосферы, интерес к которым особенно возрос в последние десятилетия из-за их влияния на взлет и заключительную стадию посадки воздушных судов, представляют собой относительно редкое явление усиления ветра в пограничном слое атмосферы (ПСА) и относятся по своим пространственным и временным масштабам к мезо-диапазону β .

Возникающие обычно в устойчиво стратифицированном пограничном слое, СТНУ сопровождаются интенсивной турбулентностью, что представляет опасность для воздушных судов, а также деятельности человека в нижних слоях атмосферы. При этом струи образуются в ситуациях, характеризующихся как наличием, так и отсутствием резких изменений других метеорологических величин. Поэтому всестороннее изучение физических механизмов, условий формирования мезоструй, а также явлений различных масштабов, предшествующих и сопутствующих СТНУ, является одним из важных этапов на пути к разработке новых и совершенствованию существующих методов их диагностики и прогноза.

Помимо чисто практической значимости для метеорологического обеспечения авиации, изучение СТНУ представляет большой теоретический интерес. Это связано с необходимостью создания математических моделей ПСА, выявляющих мезоструи, а также с малоизученной на сегодняшний день проблемой концентрации и переноса примесей в нижних слоях тропосферы в условиях существования СТНУ и инверсии температуры.

Целью работы является анализ условий формирования СТНУ в пограничном слое атмосферы над различными физико-географическими районами в зависимости от сезона года, времени суток, синоптической ситуации, разработка методов диагноза и прогноза явлений, их сопровождающих.

В соответствии с целью исследования решаются следующие задачи:

- количественная оценка временной и пространственной структуры струй нижних уровней над районами Украины с различной географией;
- выявление метеорологических и синоптических условий, приводящих к появлению СТНУ;
- изучение температурно-ветровой структуры пограничного слоя атмосферы в период после аварии на Чернобыльской АЭС на террито-

рии Украины и сопредельных областей России и Беларуси; исследование структуры и эрсии различного типа, сопровождающих мезоструи;

– оценка возможности диагноза СТНУ с помощью модели пограничного слоя атмосферы для умеренных широт; проведение классификации состояний МЗА при наличии мезоструи;

– разработка регрессионных методов краткосрочного прогноза скорости ветра у поверхности земли и инверсий в пограничном слое с учетом СТНУ;

Использованные материалы и методика исследований. При идентификации струйного течения автор следовал критерию Е10: за мезострую принимается пик скорости ветра в 2-км слое тропосферы не менее $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ при изменении скорости ветра в 300-метровых слоях слоях выше и ниже пика не менее чем на $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. В соответствии с этим определением СТНУ выраны по данным радиозондирований 9 пунктов Украины за период 1976...1985 гг (Киев, Одесса, Сяферополь, Кривой Рог, Харьков, Черновцы, Шепетовка, Львов, Ужгород), Молдовы (Кишинев, за 1975...1990 гг), России, расположенных в умеренных широтах на европейской ее части (Москва – 1976...1986 гг, Курск, Воронеж, Смоленск, Горький – 1979...1974 гг), в Сибири (Абакан, Енисейск – 1979...1988 гг), приполярной области (Амдерма), а также Таджикистана (1979...1983) и с научно-исследовательского судна "Волна" (26.0...12.12.1989 г). Кроме этого, для Одессы используются шаропилотные наблюдения, а для анализа отдельных случаев – данные радиозондирования над пунктами Смоленск, Минск, Брест, Каунас, Гомель, Рига, а также данные самолетного зондирования над г.т. Рига. Для выявления синоптических условий и проведения типизации синоптических процессов использованы приземные и высотные (уровни 925, 850 и 500 гПа) карты за период 1975...1989 гг. Оценка применимости модели пограничного слоя проводится при помощи данных объективного анализа Гидрометцентра России за 1981...1987 гг. При анализе исходных рядов наблюдений рассчитываются статистические характеристики (средние, средние квадратические отклонения, асимметрия, эксцесс, их ошибки) следующих параметров СТНУ: максимальной скорости ветра в струе, V_0 , высоты оси, h (уровня V_0 и мощности мезоструи, Δh (толщины слоя со скоростью ветра $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$). При вычислении статистических характеристик и связей используется регрессионный и дискриминантный анализ. Все расчеты проведены на ЭВМ ЕС – 1022 и РС/XT – 286.

Научная новизна исследования состоит в комплексном подходе к исследованию мезоструй с использованием как материалов многолетних наблюдений, так и анализа отдельных случаев. Впервые представлены сезонные особенности пространственного распределения характеристик СТНУ над Украиной; проведен анализ структуры пограничного слоя атмосферы над территорией, подвергшейся радиоактивному воздействию в период после аварии на Чернобыльской АЭС, а также разработан метод краткосрочного прогноза инверсий и слабого ветра при наличии мезоструй в ПСА.

• Практическая ценность работы. Исследования проведены в рамках плановой тематики кафедры теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов Одесского гидрометеорологического института. Частично результаты включены в научный отчет по теме ГМЦ СССР № .02а.01 "Диагноз и прогноз характеристик планетарного пограничного слоя и вертикальных движений с использованием информации гидродинамической модели ГМЦ" (номер гос. регистрации 019000 08072). Полученные в диссертации данные могут быть использованы по всей обширной области приложения, которую имеют сведения о статистической структуре СТНУ: метеорологическом обслуживании авиации, разработке физико-статистических методов прогноза погоды, расчете переноса примесей в нижних слоях атмосферы и т. д. Некоторые результаты краткосрочного прогноза инверсий и слабого ветра при СТНУ для территории Молдовы внедрены в оперативную практику Молдгидрмета. Результаты работы используются при чтении курсов "Авиационная метеорология" и "Специализированные прогнозы погоды" для студентов IV - V курсов Одесского гидрометеорологического института.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы докладывались на Всесоюзной конференции по авиационной метеорологии (г.Суздаль, 1990 г), отчетной научной конференции ОГМИ (1991 г) и расширенном семинаре кафедры теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов (1993 г). По результатам исследования опубликованы учебное пособие, три статьи и две статьи сданы в печать.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 106 наименований, приложения. Объем работы составляет 120 страниц машинописного текста, в том числе 11 таблиц и 12 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется цель и задачи исследования.

Первая глава содержит обзор современных представлений о СТНУ. Особое внимание уделено выбору критерия отбора максимумов ветра, принимаемых за СТНУ, а также обсуждению методики исследований.

Во второй главе проводится сравнительный анализ структуры мезоструй над различными физико-географическими районами, выявляются наиболее благоприятные условия их возникновения. На основе анализа исходных данных показано, что СТНУ — достаточно редко наблюдающееся явление — в среднем за год они отмечаются от 4 до 15% от общего числа случаев радиозондирования. При этом над пунктами умеренных широт СТНУ чаще всего (в среднем 65%) обнаружены в зимний период ночью. Структурные параметры мезоструй изменяются в годовом ходе, наиболее выраженным для мощности СТНУ, которая почти в два раза больше зимой, чем летом. Значения высоты СТНУ над Украиной отличаются большим разнообразием: наиболее высокие струи обнаруживаются над Ужгородом, Шепетовкой, Киевом и Симферополем в зимнее время, над Кривым Рогом и Черновцами — переходные сезоны и над Одессой и Харьковом — летом. Отмечено, что эти величины в значительной мере зависят не только от сезона года, но и от рельефа местности. Самые высокие струи отмечены над Карпатами, где по данным ст. Ужгород средняя высота СТНУ достигает 1200...1400 м, наиболее низкие (300...500 м) над Кривым Рогом, расположенным на Приднепровской низменности. Здесь же зафиксированы и наименее развитые по вертикали С IV (300...400 м), тогда как над другими станциями: мощность струй составляет 400...500 м летом и 700...600 м зимой. Скорость ветра на осях СТНУ имеет слабовыраженный годовой ход, колеблясь от 22 м·с⁻¹ зимой до 17 м·с⁻¹ — летом. Анализ статистических характеристик параметров СТНУ показывает, что для большинства из них эмпирические функции распределения наиболее удачно могут быть аналитически описаны семейством кривых Джонсона — S*. Построенные в работе карты — схемы пространственного распределения параметров СТНУ над территорией Украины и сопредельных областях Молдовы и России могут быть использованы для получения оценочных или приближенных сведений о мезоструях в пунктах или районах, не имеющих метеорологических данных с точностью, достаточной для решения прикладных задач.

Мезоструи в основном связаны со слабыми или умеренными сдви-

гами ветра как выше, так и ниже и оси. Сильные и очень сильные сдвиги ветра, представляющие опасность для работы авиации, наиболее часто формируются ниже оси струйного течения над Киевом, Одессой и пунктами Прикарпатья.

С целью выявления синоптических процессов, благоприятных для возникновения мезоструй, выполнена ранжировка макроциркуляционных условий с использованием принципов синоптико-климатической типизации Л. В. Клименко. Так, СТНУ чаще всего (в среднем по Украине — 70% случаев) наблюдаются при циклоническом характере циркуляции, однако как увеличивается повторяемость мезоструй, формирующихся в антициклоническом поле в течение всего года. При этом в циклоне, как правило, мощность и скорость ветра на оси мезоструи больше, чем в антициклоне.

Поскольку циклоническая деятельность неразрывно связана с существованием фронтальных разделов, проводится анализ структуры СТНУ на фронтах различного типа. Показано, что на Украине струи в 55...65% случаев связаны с фронтальными разделами с увеличением их повторяемости от теплого сезона к холодному. Наиболее мощные СТНУ отмечаются перед теплым фронтом и фронтом окклюзии, а наиболее интенсивные — на холодном. Кроме фронтальных существуют внутримассовые струи.

Значительное отличие структурных параметров мезоструй в циклонах разного типа и даже в разных областях одного и того же вихря обуславливает необходимость более детального исследования развития СТНУ в циклонах. Так, установлено, что струи, развивающиеся на фоне одного из самых активных макропроцессов, связанных с прохождением северо-западных циклонов, имеют наибольшую среднюю интенсивность как зимой, так и летом. При анализе 12 случаев зимних северо-западных и западных циклонов, смещавшихся несколько севернее Москвы, когда через этот пункт последовательно проходят передняя часть, теплый сектор и тыл вихря, показано, что в тылу осевая скорость струйного течения в 1.3...1.5 раза выше, а высота с ней колеблется в больших пределах, чем в остальных частях циклона. При этом в этих циклонах зафиксировано уменьшение скорости ветра на высотах 1.0...1.2 км, т. е. на тех уровнях, где обычно происходит обращение градиента температуры воздуха. СТНУ сопровождаются приподнятой инверсией не только в зоне теплых фронтов, но и в нескольких случаях — на холодных фронтах, что, возможно, связано с наличием мезомасштабного теплого потока, или так называемой теп-

лой несущей поло χ " впереди холодного фронта.

В заключительной части главы приводится анализ отдельных случаев развития мезоструй в областях пониженного давления. По данным 11 радиоветровых и 9 самолетных зондирований 10...12 октября 1963 года на ст. Рига прослежена эволюция СТНУ, связанного с фронтом окклюзии, а затем — с вновь возникшим циклоном. Наиболее интенсивная мезоструя на фронте окклюзии формируется за 6...9 ч до прохождения линии фронта у поверхности земли и сопровождается приподнятой инверсией, умеренными сдвигами ветра, облачностью нижнего яруса и обложными осадками. 12 октября через этот район прошла центральная часть циклона, на теплом фронте которого отмечается максимум скорости ветра $26 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на уровне 560 м, а на резко выраженном холодном фронте возникает полоса шквалистых ветров с пиками скорости ветра до $33 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Струйное течение, таким образом, является предвестником линии шквалов как в ПСА, так и у поверхности земли, где скорость ветра при прохождении холодного фронта достигает $15...18 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Анализ СТНУ, обнаруженных по данным 134 радиозондирований над центральными районами Атлантики позволяет установить, что мезоструйные профили ветра над океаном отличаются от континентальных тем, что скорости ветра более $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ отмечаются в нижнем 50-метровом приземном слое, что, очевидно, обусловлено уменьшением шероховатости подстилающей поверхности.

Третья глава посвящена исследованию задерживающих слоев при мезоструях. Над европейскими пунктами умеренных широт Украины и РС Сии наиболее выраженные задерживающие слои обычно связаны с прохождением теплых фронтов зимой либо с областями повышенного давления, где в первые ночные часы при установлении радиационной инверсии максимум скорости ветра формируется на ее верхней границе. Эти два типа макромасштабных ситуаций и формируют благоприятные условия для возникновения подавляющего числа СТНУ, обуславливая тем самым повторяемость как всех мезоструй в течение года, так и тех, что связаны с инверсиями температуры. Чаще всего инверсии при струях нижних уровней отмечены зимой преимущественно в темное время суток; с мая по сентябрь связь с инверсиями ухудшается. Во все сезоны года над исследуемой территорией с севера на юг прослеживается увеличение количества струй, сопровождающихся инверсиями. Так, если в ПСА над Москвой доля СТНУ, связанных с инверсиями, не превышает 67%, то для пунктов южнее Киева их средняя

повторяемость увеличивается и над Ужгородом составляет 77, Львовом - 73; Кишиневом - 82%.

Над районами, находящимися на равнине и возвышенностях, преобладают приподнятые инверсии; приземные задерживающие слои наиболее характерны для пунктов с пониженным характером рельефа.

На примере данных Кишинева показано, что, как правило, расположение СТНУ и инверсий в пограничном слое тесно взаимосвязано. В большинстве случаев присутствия приземной инверсии мезоструя формируется на ее верхней границе; при наличии приподнятой инверсии существует несколько типовых распределений скорости ветра, при которых максимум ветра располагается либо в ее слое, либо ниже нее. Для равнинных станций построены профили скорости ветра и температуры воздуха в пограничном слое при СТНУ, возникающих в различных частях антициклона и гребня.

Отдельные случаи формирования мезомасштабных струй, сопровождающихся инверсиями различных типов, рассмотрены с помощью серии наблюдений над территорией севера Украины, Беларуси, центральных районов России в период с 26 апреля по 5 мая 1986 года, соответствующего времени наибольшего радиоактивного воздействия в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В первые дни после аварии синоптическая ситуация характеризуется наличием антициклона с центром северо-восточнее Москвы, а температурный режим нижних слоев атмосферы - радиационными инверсиями в ночной и утренней сроки. Пики скорости ветра в пограничном слое, по направлению совпадающие с направлением движения одного из самых первых и быстропеременяющихся выбросов радионуклидов (от Чернобыля к северо-западу, странам Балтии и Скандинавии), характерны для станций Беларуси, Смоленска и Каунаса, т. е. районов наибольших градиентов давления $\nabla \Pi \text{ AT} - 925 \text{ гПа}$.

В дальнейшем, в мере передвижения антициклона и зоны повышенных градиентов давления к востоку, СТНУ обнаруживаются над Москвой, Киевом и Харьковом. В основном эти дочные струи, развивающиеся вместе с приземными инверсиями температуры, наблюдаются в конце апреля 1986 г практически над всеми пунктами исследуемой территории. При этом максимум ветра формируется на уровнях, близких к выоте верхней границы приземной инверсии, соответствуя типовым распределениям скорости ветра и температуры воздуха. Лишь над Москвой СТНУ отмечался и днем, благодаря чему струи существуют здесь в течение двух суток - с 26 по 28 апреля.

СТНУ обнаруживаются также в начале мая, когда исследуемый район находится под влиянием тыловой части антициклона, сместившегося с запада. Характерной чертой пограничного слоя при этом является наличие высотного задерживающего слоя на уровнях 0.8 ... 1.8 км, что обуславливает более частое появление мезоструй в дневные часы. Наиболее интенсивным СТН со скоростью ветра на оси $26 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ зафиксировано над Харьковом в 12 ч СТВ при наличии припечной и версии ниже оси мезоструи. Ось струйного течения расположена в данном случае между двумя задерживающими слоями.

Четвертая глава посвящена моделированию и прогнозу параметров ПСА при развитии струйных течений нижних уровней.

На основе полученных в предыдущих главах выводов об определенном сочетании термических и динамических условий при формировании мезоструй, осуществлена классификация состояний ПСА с помощью набора следующих параметров: скорости геострофического и фактического ветра у поверхности земли и на высотах 925 и 850 гПа, характера адвекции, вертикального градиента температуры воздуха. Обобщенный код конкретного состояния ПСА формируется из последовательности кодов отдельных градаций при максимальной повторяемости указанных выше параметров. В работе представлены итоги такой классификации по всему ряду наблюдений для станций Украины (Киев, Одесса, Ужгород, Шепетовка, Симферополь) и России (Москва, Енисейск, Абакан, Амдерма). Предложенная классификация может быть использована при диагнозе мезоструй над пунктами с разными физико-географическими условиями, а также при выявлении роли мезо- и макромасштабных циркуляций в их формировании. Так, малое различие набора кодов исследуемых параметров ПСА для равнинных пунктов Украины указывает на ведущую роль макромасштабных процессов в развитии СТНУ. Заметное же их отличие для Ужгорода и Одессы свидетельствует о более значительном вкладе местных циркуляций. Отмечено, что наиболее чувствительным параметром оказывается скорость ветра на уровне АТ 925 гПа, значения которой тем больше, чем ближе к этому уровню расположена высота оси СТНУ.

Проведенная оценка применимости модели пограничного слоя (автор - проф. Шнайман В. А.) с использованием данных объективного анализа и стандартных наблюдений показывает, что ее эффективность существенно зависит от характера СТНУ. В большинстве рассмотренных случаев лучше выявляются струи внутримассового происхождения, тогда как при резкой смене характера атмосферных процес-

сов и фронтальных мезоструях эффективность восстановления профилей ветра заметно снижается. Наилучшее соответствие рассчитанного по модели профиля ветра фактическому, с наличием струйного течения по данным стандартных наблюдений обнаружено для станций умеренных широт в антициклоническом поле, в срок 00 ч.

Далее в главе представлены регрессионные методы прогноза скорости ветра у поверхности земли (V_2) с учетом параметров СТНУ, которые дополняют и конкретизируют существующие методы прогноза V_2 .

Начальным этапом работы является разработка метода прогноза V_2 для Москвы с включением ряда новых предикторов, характеризующих ветровой и температурный режим ПСА при наличии в нем мезоструи и сравнение с результатами А. И. Снитковского, обосновавшего ранее подобный метод. Уравнения регрессии для четырех сезонов года составлены на основании сравнения информативности 9 предикторов, характеризующих состояние ПСА при наличии струйного течения, а также параметров последнего. Выбор наиболее информативных предикторов осуществляется по программе пошаговой регрессии, предусматривающей исключение взаимосвязанных параметров и процедуру просеивания по заранее заданному критерию Фишера. Наиболее информативными (коэффициенты корреляции 0.69...0.85) оказались параметры СТНУ, а также характеристики, учитывающие особенности состояния ПСА при мезоструе: высота оси, скорость ветра на оси, вертикальный градиент температуры ниже оси мезоструи, сдвиг ветра в слое АТ-925 гПа - земля, а также скорость ветра на уровне 650 гПа. Ошибки уравнений регрессии находятся в пределах 0.9...1.4 м·с⁻¹. Проверка полученных уравнений на независимом материале показала, что для зимы, лета и осени результаты лучше, чем полученные А. И. Снитковским, что, таким образом, говорит о правомочности использования параметров СТНУ для уточнения прогноза V_2 . Обоснованность прогноза V_2 для указанных сезонов составляет 84, 91 и 87 %, критерии надежности Багрова $H = 0.37, 0.16, 0.39$, Пирси - Обухова - 0.38, 0.48 и 0.40 соответственно.

Поскольку в ранее полученное (С. М. Игнатьева, Г. П. Ивус, 1987) уравнение регрессии для расчета V_2 при наличии мезоструи над Одессой входит шесть параметров, часть из которых трудно прогнозируется, сделана попытка получить более простую и наглядную связь. Метод основан на исследовании зависимости V_2 от запаса кинетической энергии в слое значительных скоростей ветра, характе-

ризуемого определенным вертикальным градиентом температуры. Запас кинетической энергии выражается произведением параметров СТНУ скорости на оси струйного течения и его толщины. Для удобства данная зависимость представлена в виде номограмм, отдельно для теплого и холодного сезонов. Проверка оправдываемости прогноза V_a по номограммам, произведенная на независимом материале, показывает, что в 75% случаев для холодного сезона и в 87% — для теплого ошибка прогнозируемой величины составляет не более $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, что является удовлетворительным результатом. Оправдываемость и предупредительность метода составляют 88 (82) и 83 (79) % соответственно для теплого (холодного) сезона.

Параллельно с выполнением этих работ автор принимал участие в разработке методов прогноза слабого ветра и инверсий, сопровождающих СТНУ над территорией Молдовы. Как указано в гл. 3, в ряде случаев формирования мезоструи в антициклоне и гребне в ночные сроки пограничный слой атмосферы характеризуется приземной инверсией температуры, на верхней границе которой обычно располагается ось СТНУ. Поскольку турбулентный обмен в инверсионном слое ослаблен, ниже оси мезоструи скорость ветра уменьшается вплоть до штиля у поверхности земли. Исходя из этих соображений, сделана попытка нахождения связи между параметрами струи, стратификацией ПСА и V_a . При использовании метода пошаговой регрессии наилучшие результаты получены для теплого сезона. В уравнение регрессии входят скорость ветра на оси мезоструи и вертикальный градиент температуры воздуха ниже ее оси. Проверка уравнения на независимом материале показывает, что в 75% случаев средняя ошибка прогноза не превышает $1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, предупредительность и оправдываемость прогноза составляет 81 и 75%. Таким образом, эти результаты с учетом требований к прогнозу слабого ветра являются вполне надежными.

Заключительным этапом в разработке методов прогноза явлений, сопровождающих СТНУ, является альтернативный прогноз наличия и вида инверсий для ст. Кишинев. Как известно, слои инверсии и изотермии в большинстве случаев определяют положение и структуру СТНУ в пограничном слое атмосферы. Наличие достаточного ряда совместных наблюдений инверсий и мезоструй над Кишиневом позволяет решить вопрос о прогнозе инверсий, сопровождающихся СТНУ. Исследования, ставившие целью прогноз приземной и приподнятой инверсии на 6 ч, выполняются для холодного и теплого сезонов. На основании анализа метеорологических и синоптических условий формирования инверсий

в ПСА отобраны 10 параметров: скорости ветра у поверхности земли (V_0) и на изобарической поверхности 925 гПа (V_{025}), вертикальные градиенты температуры слоев от поверхности земли до высоты 200 м (γ_1) и между уровня 200...500 м (γ_2), направления ветра на высоте 1 км (dd' , вертикальные сдвиги ветра между уровнями поверхности земли и 925 гПа (ΔV_1) и 850 - 925 гПа (ΔV_2), разности значений относительной влажности (Δu) и температуры (ΔT) в исходный и предыдущий сроки и приземный горизонтальный градиент давления (dP/dn). Все переменные, кроме Δu и ΔT рассчитываются по данным радиозондирования в срок, предшествующий наличию исследуемого явления. Поиск оптимального набора предикторов проводится с использованием критерия Махаланобиса Δ , характеризующего корреляционную связь данных предикторов в альтернативных выборках. В их число входят: для обоих сезонов - ΔV_1 , Δu ; для теплого сезона - γ_2 , для холодного - V_{025} , γ_1 , dP/dn .

Составлено 83 прогноза для холодного сезона (52 - приподнятой, 31 - приземной). Общая оправдываемость прогнозов с явлением (U_1) - 84, предупреденность (P_1) - 82%. Оправдываемость прогнозов без явления (U_2) составляет 79, предупреденность (P_2) - 77%. Суммарный показатель ($U+P$)₁ = 163, ($U+P$)₂ = 159%. Критерии надежности: Багрова (Q) = 0.37, Обухова (H) = 0.34, Пирси-Обухова (T) = 0.39.

Для теплого сезона составлено 64 прогноза, из них приподнятой инверсии 25, приземной - 39. Для прогнозов с явлением показатели оправдываемости и надежности таковы: U_1 = 91, P_1 = 88%, без явления: U_2 = 84, P_2 = 81%; ($U+P$)₁ = 175, ($U+P$)₂ = 169%. Значения Q = 0.42, H = 0.41, T = 0.44.

Таким образом, для теплого сезона данная методика дает более надежные результаты. Возможно, это связано с меньшей изменчивостью атмосферных процессов над рассматриваемым районом.

ВЫВОДЫ

1) Струйные течения нижних уровней атмосферы характерны для всех исследуемых районов с различной орографией - для умеренных широт (Ураин, центр России), областей с континентальным климатом удаленных от моря (Сибирь), приполярных (Амдерма) и горных районов (Таджикистан). Повторяемость СТНУ в среднем составляет от 4 до 15%, а продолжительность обычно не превышает 6 ч, хотя при

благоприятных условиях СТНУ может сохраняться в течение нескольких суток. Наиболее часто мезоструи располагаются на высотах 400...1000 м с мощностью 200...500 м и средней скоростью ветра на оси 18...20 м с⁻¹. При этом наиболее низкие струи над территорией Украины наблюдаются над пунктами с наименьшей высотой расположения над уровнем моря, а наиболее высокие - в предгорных и прибрежных районах. Представленные карты - схемы пространственного распределения параметров мезоструй с точностью, достаточной для решения ряда прикладных задач, могут быть использованы при получении ночных сведений о СТНУ в пунктах или районах Украины, не освещенных метеорологическими данными.

2). Наиболее часто струи нижних уровней возникают при циклоническом характере циркуляции. При этом наиболее интенсивные мезоструи характерны для холодных фронтов, а наиболее мощные - для теплых. Максимальная продолжительность мезоструй отмечается в антициклонах и гребнях. При этом в циклоне область наибольшей повторяемости СТНУ связана с зонами атмосферных фронтов, а в областях повышенного давления мезоструи одновременно могут наблюдаться на значительной территории, выходящей, как правило, за рамки мезомасштаба β .

3). СТНУ над пунктами Украины в большинстве случаев обнаруживаются вместе с инверсиями температуры в пограничном слое атмосферы. При этом приподнятые инверсии встречаются чаще приземных в холодный период года и располагаются обычно выше оси СТНУ, тогда как приземные задерживающие слои преобладают летом в ночные часы ниже оси мезоструи.

4). На основе полученных в работе выводов об определенном состоянии ПСА при наличии мезоструи выполнена параметризация его термической и динамической структуры. Показано, что предложенную классификацию можно использовать в целях диагноза СТНУ.

5). Наиболее удовлетворительно теоретическая модель пограничного слоя атмосферы может быть использована при диагнозе внутримассовых струйных течений в антициклонах и гребнях, при наличии инверсии температуры воздуха.

6). Разработанные регрессионные методы краткосрочного прогнозирования скорости ветра у поверхности земли и наличия и вида инверсий с учетом параметров мезоструй дают вполне удовлетворительные результаты и могут быть использованы в оперативной прогностической практике.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях:

1. О струйных течениях в пограничном слое атмосферы над югом Красноярского края и севером ЕЧС. Межд. сб. сборник "Метеорология, климатология и гидрология", вып. 26, 1990, с. 21-24. (В соавторстве с Ивус Г. П., Кивгановым А. Ф., Холодовым А. Н.).
2. О термодинамических параметрах пограничного слоя атмосферы при мезоструях над югом Красноярского края и севером ЕЧС. Деп. во ВНИИГМИ-МЦД N 1076-ГМ 91 от 16.05.91 г. (В соавторстве с Ананьевой Н. Н., Ивус Г. П., Кивгановым А. Ф.).
3. Струйные течения пограничного слоя атмосферы. - Учебное пособие. Одесса, 1991. - 46 с. (В соавторстве с Ивус Г. П. и Кивгановым А. Ф.).

Полп. к печати 27.09.93г. Формат 60x84 1/16.
 Объем 0,5уч. изд. л. 0,75п. л. Заказ № 1722. Тираж 100 экз.
 Гортипография Одесского управления по печати, цех №3.
 Лей на 49.

463826

ЛНБ ім. В. Стефаника
 АН України

AB 28.412

AB 28.412