

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської
підготовки

Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Взаємозв'язок низькотропосферних течій над півднем
України з небезпечними погодними явищами

Виконала студентка 2 курсу групи ММ-61С
спеціальності 8.04010501 Метеорологія
Пруднікова Ганна Олегівна

Керівник к.геогр.н., доц.
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна

Рецензент д. геогр.н., доц.
Ляшенко Галина Віталіївна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра метеорології та кліматології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 8.04010501 метеорологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метеорології
та кліматології

Івус Г.П.

“ 1 ” листопада 2016 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пруднікової Ганні Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Взаємозв'язок низькотропосферних течій над
півднем України з небезпечними погодними явищами

керівник роботи к.геогр.н., доцент Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 14 вересня 2016 р. № 270 Ч

2. Строк подання студентом роботи 1 лютого 2017 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Дані радіозондування на ст. Одеса-ГМО у 00 UTC
з 2011 по 2015 рр. 2. Комплект синоптичних карт з 2011 по 2015 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою дипломного проекту та
аналіз багаторічного режиму формування низьких струменів над Україною.

2. Характеристика повторюваності та основних структурних параметрів
низько тропосферних струменів над Одесою у період 2011-2015 рр. 3. Аналіз
розподілу напрямку вітру у граничному шарі за наявності низької течії. 4.
Оцінка синоптичних умов утворення низьких течій над Одесою. 5. Аналіз
взаємозв'язку низьких течій та небезпечних погодних умов.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Рис. 1.1–1.8 – ілюстрації механізму виникнення низьких течій з
літературних джерел. Рис. 2.1, 2.2 – забезпеченість радіозондами, Рис. 2.3–
2.6 - повторюваність та структура низьких струменів. Рис. 2.7 – розподіл
вітру за напрямками. Рис. 3.1-3.7 – повторюваність типів синоптичних
ситуацій за наявності низьких течій. Рис. 3.8-3.10 – аеросиноптичні

матеріали, Рис. Б.1-Б.3 - вертикальний розподіл швидкості вітру та температури над Одесою.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1 листопада 2016 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Вивчення новітніх літературних джерел за темою дослідження</i>	з 1 листопада 2016 р.	93	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	листопад 2016 р.	93	відмінно
3.	<i>Розрахунок структурних параметрів струминних течій нижніх рівнів над Одесою 2011-2015 рр.</i>	листопад 2016 р.	93	відмінно
4.	<i>Аналіз повторюваності та структури низьких струменів 2011-2015 рр. над Одесою</i>	грудень 2016 р.	93	відмінно
5.	<i>Визначення стратифікаційних умов виникнення низьких течій</i>	грудень 2016 р.	93	відмінно
6.	<i>Типізація синоптичних процесів під час формування низькотропосферних течій над півднем України</i>	грудень 2016 р.	93	відмінно
7.	<i>Характеристика внеску низьких струменів у погіршення погодних умов над півднем України</i>	січень 2017 р.	93	відмінно
Атестація		5-6 грудня 2016 р.	93	відмінно
8.	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку.</i>	20 січня 2017 р.	93	відмінно
9.	<i>Оформлення магістерської роботи.</i>	31 січня 2017 р.	93	відмінно
10.	<i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.</i>	лютий 2017	93	відмінно
11.	<i>Попередній захист магістерської роботи.</i>	лютий 2017	93	відмінно
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			93	відмінно

Студент

Пруднікова Г.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Семергей-Чумаченко А.Б.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Тема: «Взаємозв'язок низькотропосферних течій над півднем України з небезпечними погодними явищами»

Автор: Пруднікова Ганна Олегівна

Актуальність визначається необхідністю виявлення причин виникнення і розвитку такого небезпечного явища, як струминна течія нижніх рівнів. Оскільки ці явища утворюються у різноманітних синоптичних ситуаціях, то всебічний аналіз умов виникнення низьких струменів та явищ різних масштабів, що передують і супроводжують їх, є одним з важливих етапів вдосконалення методів прогнозу небезпечних погодних умов.

Метою даної роботи є виявлення низьких струменів протягом року над ст. Одеса-ГМО у 2011-2015 рр. за даними радіозондування, визначення їх структури та оцінка сприятливості комплексу синоптичних та метеорологічних умов створенню низьких течій на фоні зростання кількості стихійних гідрометеорологічних явищ.

Відповідно до поставленої мети було розв'язано такі **задачі**:

- зроблено аналіз змін режиму та структури низько тропосферних струминних течій;
- визначені типи синоптичних процесів за наявністю низьких течій;
- за доступний період спостережень виявлені особливості циркуляційних умов формування небезпечних погодних явищ у супроводі низьких течій.

Об'єкт дослідження – температуро-вітровий режим нижнього двокілометрового шару атмосфери над півднем України.

Предмет дослідження – піки швидкості вітру більший або рівний $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, у межах граничного шару атмосфери, якщо зменшення швидкості вітру в 300 м шарах вище та нижче рівня максимуму не менше ніж на $4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичний аналіз, типізація синоптичних процесів.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території України:

- визначені типи синоптичних процесів за наявністю низьких течій;
- виявлені особливості циркуляційних умов формування небезпечних погодних явищ у супроводі низьких течій над півднем України;

Практичне значення отриманих результатів. Врахування типів синоптичних процесів можуть використовуватись для вдосконалення прогнозу небезпечних погодних явищ.

Магістерська робота в обсязі 66 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 48 джерел, двох додатків, містить 20 рисунків та 23 таблиці

Ключові слова: струминна течія нижніх рівнів, низька течія, температурна інверсія, небезпечні погодні явища

Summary

Theme: „The interconnection low tropospheric jets over the south of Ukraine and severe weather”

Author: Prudnikova H.O.

Urgency of the issue determined the need to identify the causes of the emergence and development of such dangerous phenomena as low level jet. As these phenomena are formed in various synoptic situations, the comprehensive analysis of the conditions of low streams and phenomena of different scales that precede and accompany them, is one of the important stages of improving methods of forecasting of severe weather

Aim of this study detection of the low jets during the year at the Odessa Hydrometeorological Observatory in 2011-2015 according to the radio-sounding, determine their structure and favorable valuation of complex synoptic and meteorological conditions to the formation of low flows, given the growing number of the severe weather.

According to aim assigned **such tasks** are solved:

- analyzed of changes in regime and structure of low-troposphere jets;
- defined types of synoptic processes in the presence of low jet;
- characterized at available for the observation period circulating conditions for the formation of severe weather accompanied by low jets.

Object of scientific research is temperature and wind regime of the low two-kilometers layer of the atmosphere over south of Ukraine.

Subject of scientific research peaks wind speeds greater than or equal $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ within the boundary layer of the atmosphere, if the decrease in wind speed of 300 m layers above and below the maximum for at least $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Methods of scientific research is spatiotemporal generalization of meteorological information, synoptic analysis, typification of synoptic processes.

Scientific novelty of results obtained.

In this study for the Ukraine for the first time

- defined types of synoptic processes in the presence of low jets;
- characterized of circulation conditions for the formation of severe weather, accompanied by low jets at the south of Ukraine.

Practical importance of results obtained. Consideration types of synoptic processes can be used to improve the forecasting of severe weather.

The master thesis of 66 pages consists of three chapters, conclusions, bibliography of 48 sources, contains 20 figures and 23 tables.

Keywords: low level jet, low jet, the temperature inversion, severe weather.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Основні проблеми дослідження низькотропосферних течій	8
1.1 Визначення та основні структурні параметри феномену	8
1.2 Низькі струмені як географічний феномен	11
1.3 Зв'язок низькотропосферних течій та з небезпечними та стихійними гідрометеорологічними явищами.....	13
2 Характеристика низькотропосферних струменів над півднем України	17
2.1 Просторово-часова мінливість структурних параметрів струминних посилень вітру над Україною.....	17
2.2 Короткий опис вихідної інформації.....	19
2.3 Повторюваність та структура низьких течій в 2011-2015 рр.	20
2.4 Вертикальний розподіл напрямку вітру та температури у нижній тропосфері за наявністю низьких струменів.....	28
3 Циркуляційні умови над півднем України при формуванні низьких струменів	32
3.1 Повторюваність синоптичних ситуацій, які сприяли виникненню низькотропосферних течій	32
3.2 Типізація синоптичних процесів за наявності низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр.	36
3.3 Аналіз формування небезпечних погодних умов над півднем України та виникнення низьких течій	44
Висновки.....	49
Перелік посилань	50
Додаток А	54
Додаток Б.....	56

ВСТУП

Сильний вітер значно впливає практично на всі галузі життєдіяльності країни, особливо на безпеку авіації. Низькотропосферні струмені утворюються у різноманітніших синоптичних умовах в широкому спектрі характеристик різних полів метеорологічних величин і причиняють значні труднощі для авіаперевезень та інших галузей економічної діяльності.

Актуальність проблеми визначається необхідністю виявлення причин виникнення і розвитку такого небезпечного явища, як струминна течія нижніх рівнів (СТНР). Оскільки ці явища утворюються у різноманітних аеросиноптичних умовах, то всебічний аналіз фізичних механізмів виникнення низьких струменів та явищ різних масштабів, що передують і супроводжують СТНР, є одним з важливих етапів вдосконалення методів прогнозу небезпечних погодних явищ.

Метою дослідження є вивчення процесів виникнення високих швидкостей вітру в нижній тропосфері, аналіз структурних параметрів низьких струменів, а також визначення взаємозв'язку між небезпечними погодними умовами та виникненням СТНР.

Метою магістерської роботи є виявлення низьких струменів протягом року над ст. Одеса-ГМО у 2011-2015 рр. за даними радіозондування, визначення їх структури та оцінка сприятливості комплексу синоптичних та метеорологічних умов створенню СТНР на фоні зростання кількості стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ).

Об'єкт дослідження – температуро-вітровий режим нижнього двокілометрового шару атмосфери над півднем України.

Предмет дослідження – піки швидкості вітру більший або рівний $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, у межах граничного шару атмосфери, якщо зменшення швидкості вітру в 300 м шарах вище та нижче рівня максимуму не менше ніж на $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичний аналіз, типізація синоптичних процесів.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

По вступу формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ містить в собі загальну інформацію про струминні течії нижніх рівнів, їх вплив на економічну діяльність суспільства та зв'язок з небезпечними і стихійними гідрометеорологічними явищами.

Другий розділ присвячений аналізу структури струминних течій нижніх рівнів над Одесою у 2011-2015 рр. у порівнянні з багаторічними даними про режим струминних течій нижніх рівнів над Україною.

Третій розділ складається з типізації синоптичних процесів при формуванні струминних течій нижніх рівнів та визначення зв'язку формування низьких течій та небезпечних погодних умов над півднем України.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 47 літературних джерел.

У додатках наведені допоміжні матеріали.

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках двох науково-дослідних робіт «Розробка та вдосконалення методів прогнозу метеорологічних умов забруднення атмосфери над промисловими районами Одеси» (2013-2017 рр., ДР № 0113U0078811) та «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532) під науковим керівництвом к.геогр.н., проф. Івус Г.П.

1 ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОТРОПОСФЕРНИХ ТЕЧІЙ

1.1 Визначення та основні структурні параметри феномену

Дослідження температурно-вітрових аномалій (струминеподібних посилень вітру та інверсійного розподілу температури повітря) являє собою вивчення розподілу швидкості і напрямку вітру та температури по вертикалі в межах граничного шару атмосфери. Таким чином, розглядається вертикальний профіль метеовеличин, в формуванні якого беруть участь тип циркуляції синоптичного масштабу, термічна стратифікація, ступінь бароклінності нижньої частини атмосфери, впорядковані і конвективні вертикальні рухи, адвекція на нижніх рівнях, ступінь турбулізації граничного шару атмосфери (ГША) і особливості фізико-географічного положення пункту (рельєф, водні об'єкти, великі міста). Різний вклад перерахованих факторів обумовлює різноманіття профілів вітру.

СТНР – це пік швидкості вітру більший або рівний $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, у межах граничного шару атмосфери, якщо зменшення швидкості вітру в 300 м шарах вище та нижче рівня максимуму не менше ніж на $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ [1, 3-8].

Однак, незважаючи на розбіжності у визначеннях цих течій звичайно використовуються наступні параметри, що характеризують просторову і динамічну структуру СТНР (рис. 1.1):

- потужність СТНР – різниця між висотами в ГША, де швидкість вітру не менше ніж $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (ΔH , м);
- висота осі СТНР – рівень максимуму швидкості вітру (H_0 , м);
- інтенсивність СТНР – швидкість вітру на осі струменя (V_0 , $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$).

Для розрахунку структурних характеристик СТНР оптимальним варіантом є комплексне використання даних висотних метеорологічних веж, радіолокаційних і радіозондових спостережень. При цьому у зв'язку з недостатньою щільністю мережі радіозондування, має сенс застосування різних методик інтерполяції полів метеорологічних величин і облік супутникової інформації (за оцінками дрейфу хмарних полів, за картиною

хвилювання, шляхом фіксації синоптичної обстановки за результатами нефаналізу або за допомогою математичної обробки супутникових даних).

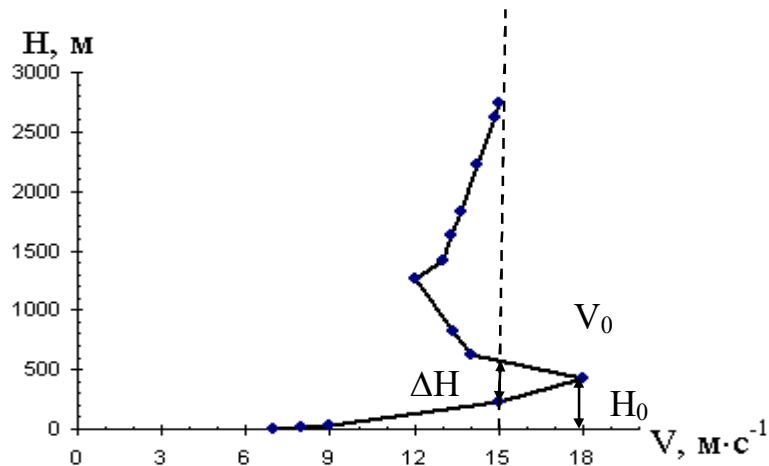


Рис. 1.1. Схема структурних параметрів низькотропосферних течій [5]

З 1992 р. і до сьогодні в США для діагнозу СТНР застосовуються щогодинні дані радарних спостережень системи Wind Profiler Network, організованої Лабораторією прогностичних систем (Forecast Systems Laboratory), що входить до складу НОАА США (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA). Більшість платформ цієї системи розташована у центральній частині Сполучених Штатів (рис. 1.2). Вимірювання здійснюються за допомогою акустичних вітрових профілерів (SODAR - SOnic Detection And Ranging) і лідарів, тобто доплерівських лазерів з високим розрішенням (LIDAR - Light Detection and Ranging). Використання інформації з такою дискретністю за часом (рис. 1.3) надає можливість більш ретельного дослідження структури і динаміки СТНР, оскільки частина струменів спостерігається між стандартними строками зондувань. Однак, і ця методика не позбавлена деяких недоліків: по-перше, нижня межа вимірювань становить 500 м і, отже, найбільш низькі струмені можуть бути пропущені, по-друге, радіолокаційний сигнал у ряді випадків відбивається не від гідрометеорів, що позначається на точності визначення вертикального профілю швидкості і напрямку вітру. Крім вищевказаних способів спостережень, у США активно використовуються радіозонди, що опускаються на парашуті з певної висоти - дропзонди (dropsonde), тому що при достатньо повільному спуску існує можливість більш детального вимірювання метеорологічних величин в нижніх шарах атмосфери.

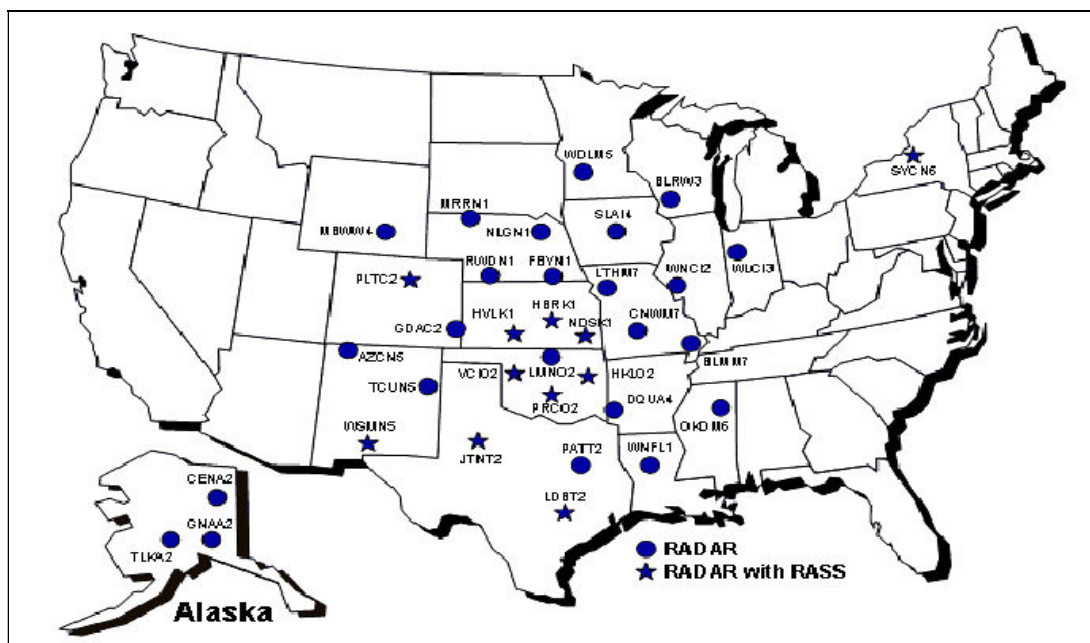


Рис. 1.2. Схема розташування елементів системи Wind Profiler Network у США, де RASS – експериментальна Radio Acoustic Sounding System [32]

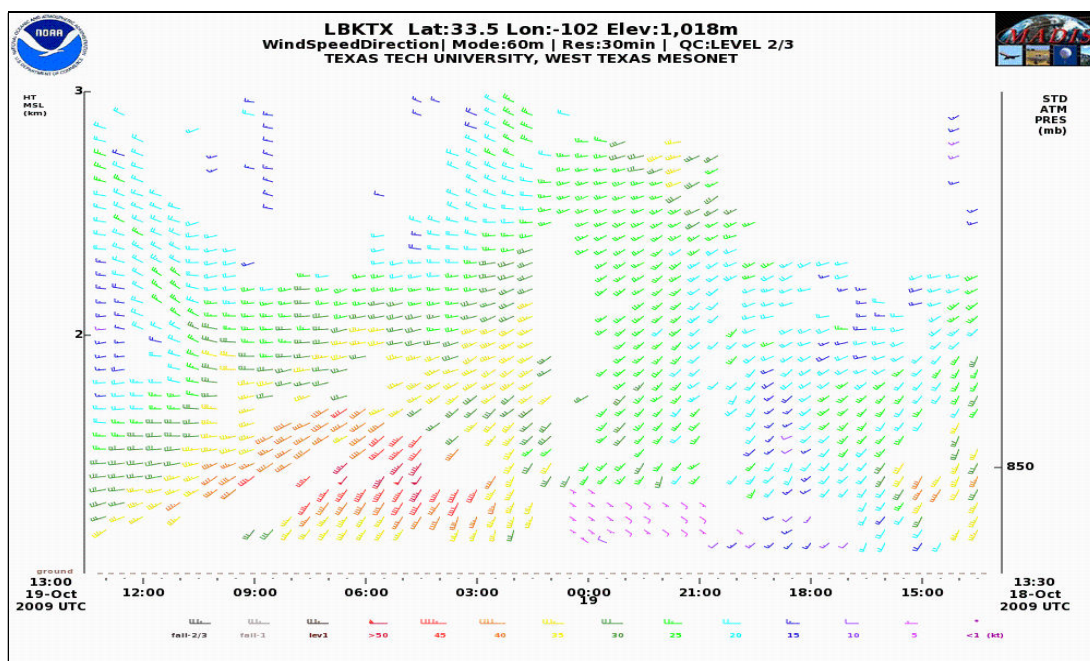


Рис. 1.3. Приклад формування СТНР над станцією Ньюпорт 19 жовтня 2009 р., штат Техас, США [42]

В 2007 р. вперше в Україні в аеропорту Бориспіль було встановлено доплерівський метеорологічний локатор нового покоління „Метеор-Метеоячейка”, основне призначення якого – одержання інформації про

небезпечні метеорологічні явища (грози, град, шквал, смерч, сильні опади, зсуви вітру, турбулентність, обледеніння та інші характеристики), які впливають на безпеку польотів літаків, а також для визначення швидкості і напрямку переміщення небезпечних осередків та своєчасне попередження про їх виникнення.

Отже для розрахунку структурних характеристик СТНР оптимальним варіантом є комплексне використання даних висотних метеорологічних веж, радіолокаційних і різноманітних радіозондових спостережень. При цьому у зв'язку з недостатньою густотою мережі радіозондування, має сенс застосування різних методик інтерполяції полів метеорологічних величин і врахування супутникової інформації (за оцінками дрейфу хмарних полів, за картиною хвилювання, шляхом фіксації синоптичної обстановки за результатами нефаналізу або за допомогою математичної обробки супутникових даних).

1.2 Низькі струмені як географічний феномен

Струмінні течії нижніх рівнів спостерігаються практично над усіма районами Землі [35, 37, 40 та ін.], проте можна виділити деякі географічні особливості формування цього феномена.

Найбільш дослідженими є низькі струмені, що виникають над Великими рівнинами США (Great Plains LLJ), де вони значно впливають на режим опадів і формування стихійних гідрометеорологічних явищ. Активні низькотропосферні струмені виявляються над штатами Техас, Оклахома, Канзас, Небраска, Айова, Міссурі та Арканзас. Характерною рисою зазначених течій є південний напрямок, потужність 200-300 км, відносно невелика їх швидкість $15-18 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ з максимумом $30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на висоті 500-1000 м і зниження інтенсивності вище осі на 50-75% [38]. Більшість випадків СТНР характеризується перевищенням швидкості на осі струменя відносно геострофічного вітру.

Переважно над Великими рівнинами СТНУ утворюються навесні і влітку на тлі значного денного коливання з найбільшою швидкістю на осі в районі нічного інверсії.

Найбільш сприятливими синоптичними умовами для їх формування є значний градієнт тиску із заходу на схід через Великі рівнини і наявність потужного потоку повітря від Мексиканської затоки [36].

Наявність СТНУ над Великими рівнинами призводить до:

- підвищення транспортування вологи на рівні струменя;
- посилення конвергенції потоків близько осі струменя;
- сприяє виникненню нічний грозової діяльності.

Отже, низькі струменеві течії над Великими рівнинами є механізмом, завдяки якому вологе і нестійке повітря з Мексиканської затоки пересувається на північ США і дає опади. Виникнення мезомасштабних конвективних комплексів над цим регіоном також практично завжди пов'язане з наявністю СТНР.

Також відомими географічними феноменами є нічний струмінь Курін в Австралії (Koorin Jet), денний австралійський південний Бастер (Southerly Buster) і перуанське СТНР (Paracas LLJ). Дослідження граничного шару атмосфери над пустелею Атакама (Чилі) виявило формування двох максимумів швидкості вітру: південно-західного в післяполудневі години і північно-східного вночі.

Сомалійська течія (Somali Jet або African easterly jet) над Східною Африкою може зберігатися кілька днів цілодобово влітку в межах 10-20° пн.ш. [25]. Зазначений феномен впливає на формування південно-західного мусону і підсилює формування тропічних хвиль, що поширюються через тропічну частину Атлантичного і схід Тихого Океану протягом теплого сезону. Наявність потоку теплого повітря над Північною Африкою призводить до виникнення спрямованої на захід низькою струменя з червня по жовтень.

Існування субтропічного антициклону над південним сходом Тихого Океану забезпечує формування низького струменя південного напрямку над західним узбережжям Південної Америки [34] в районі 26-36° пд.ш. Зазначене СТНР в 60% випадків спостерігається навесні і влітку і призводить до апвелінга біля узбережжя, що впливає на рибні ресурси регіону.

У зазначених районах СТНР не є рідкісним явищем, так над Австралією вони відзначаються у 19% нічних строків взимку. Над центральною частиною Великих рівнин низькі течії спостерігаються частіше - 30% від числа радіозондувань, особливо над Канзасом і Оклахомою.

1.3 Зв'язок низькотропосферних течій та з небезпечними та стихійними гідрометеорологічними явищами

Струминні течії нижніх рівнів безпосередньо впливають на різноманітні види людської діяльності. Вперше про практичне значення СТНР згадав Л.Л. Мінс в 1952 р., який відмітив їх роль у формуванні шквалових ліній і конвективних СГЯ [5].

Низькі струмині можуть впливати на формування деяких особливостей ландшафту. В [20] є припущення, що формування полонин на пологих вершинах і в сідловинах, а також розташування верхньої межі поширення лісу в Українських Карпатах пов'язані із впливом низькотропосферних струменів

В роботах американських метеорологів [29, 31, 35, 38, 40] показано, що СТНР є одним із факторів утворення клімату для Великих Рівнин (США), оскільки вони стимулюють збільшення кількості нічних опадів влітку та збільшують вологовміст більш ніж на 45% у порівнянні з кліматичними показниками.

Найбільш дослідженими є низькі струмені, що виникають над Великими рівнинами США (Great Plains LLJ), де вони значно впливають на режим опадів і формування стихійних гідрометеорологічних явищ. Активні низькотропосферні струмена спостерігаються над штатами Техас, Оклахома, Канзас, Небраска, Айова, Міссурі та Арканзас. Характерною рисою зазначених течій є південний напрямок, ширина 200-300 км, відносно невелика їх швидкість $15-18 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ з максимумом $30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на висоті 500-1000 м і зниження інтенсивності вище осі на 50-75% (рис. 1.6).

У більшості випадків швидкість на осі струменя перевищує геострофічного вітер. Переважно над Великими рівнинами СТНР утворюються навесні і влітку на тлі значного денного коливання з найбільшою швидкістю на осі (найчастіше в 02.00 місцевого часу) біля нічний інверсії. Найбільш сприятливими синоптичними умовами для їх формування [43] є значний градієнт тиску із заходу на схід через Великі рівнини і наявність потужного потоку повітря (рис. 1.7) від Мексиканської затоки.

Причому, збільшення кількості нічних опадів (на 25% у порівнянні з денними) над Великими Рівнинами й північною центральних штатів

призводить до зменшення кількості опадів над узбережжям Мексиканської затоки та східним узбережжям США

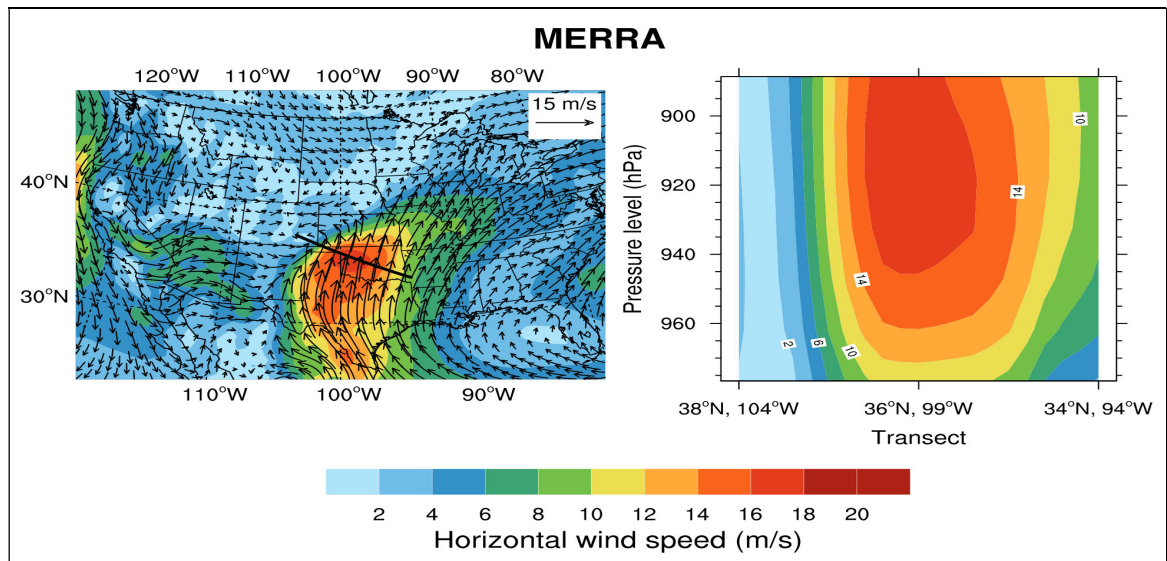


Рис. 1.6. Приклад формування СТНР над Великими Рівнинами, США [43]

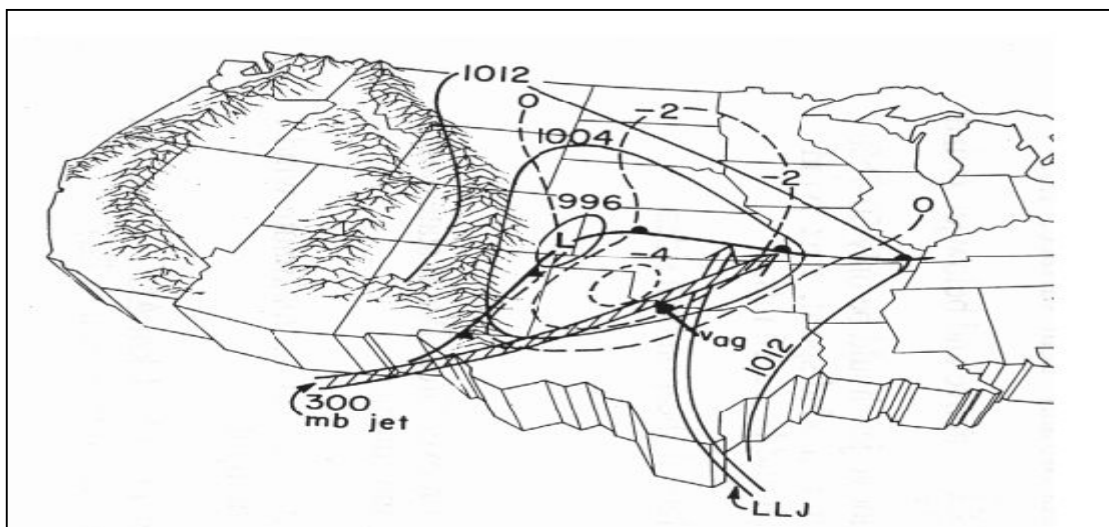


Рис. 1.7. Схема процесів, що сприяють виникненню СТНР над Великими рівнинами, США [40]

Крім безпосереднього впливу на різні сфери діяльності людини, СТНР перебувають у тісному взаємозв'язку з рядом небезпечних та стихійних погодних явищ [2, 4, 7, 13-18, 20, 23, 24, 28, 33, 35].

Оскільки при утворенні торнадо характерна нестійка стратифікація зверху та стійка знизу, то прогноз небезпечних явищ, що звичайно супроводжують торнадо, зводиться до з'ясування механізму реалізації нестійкості нижнього шару атмосфери. Так, в [27] вперше була запропонована гіпотеза, про те, що таким механізмом є струминна течія у нижній тропосфері, що створює конвергенцію повітряних струменів унизу вертикального вихору і дивергенцію вгорі (рис. 1.8).

Варто помітити, що при аналізі гроз основна увага звичайно приділяється особливостям термічної стратифікації повітряних шарів. Однак, коли цікавляться динамікою, то виявляють і струмінь. Причиною тісного зв'язку нічних гроз і низьких струменів, на думку А.К. Блакадера [28], є той факт, що добові коливання вітру на нижніх рівнях викликають нічне посилення адвекції, що може бути істотним фактором у збільшенні частоти нічних гроз. Орієнтація грозових осередків, у свою чергу, непогано збігається з віссю максимальних вітрів у нижньому шарі тропосфери, і, у відомій мірі, наявність СТНР визначає тривалість грозової діяльності.

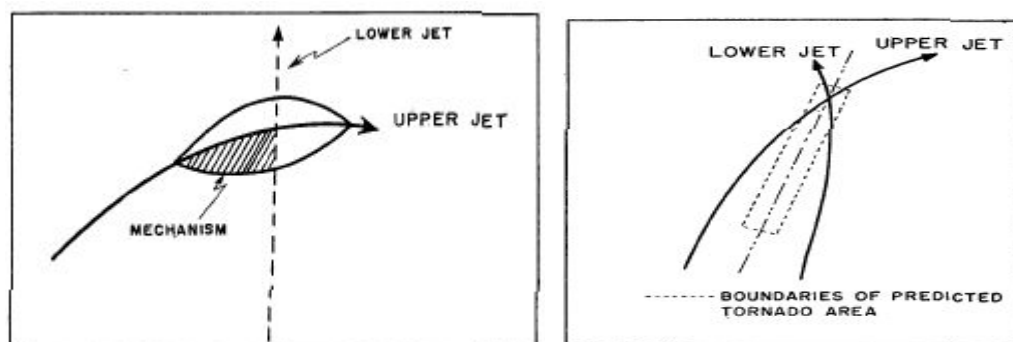


Рис. 1.8. Схема процесів, що сприяють виникненню формуванню торнадо над Великими рівнинами, США [27]

Формування дивергенції потоків у верхньої тропосфері та їх конвергенції у граничному шарі над Великими Рівнинами спостерігається часто у тепле півріччя, а особливо влітку [43]. Наявність СТНР часто формує спекотну та вітряну погоду з південним напрямком вітру або нічні грози. Американські метеорологи називають «основним фактором» подібних погодних умов перпендикулярне відношення струминної течії полярного фронту та СТНР.

Тісний зв'язок, що виявлений між СТНР і стихійними явищами надав значний імпульс дослідженням у цій галузі. Так, з 1 грудня 1997 по 31 березня

1998 р, протягом зимового Ель-Ніньо Південного коливання, Національною службою погоди США (US National Weather Service) спільно з університетами Оклахоми і Невади над узбережжям Каліфорнії і північно-східною частиною Тихого океану був проведений широкомасштабний експеримент CALJET (California Land-Falling Jets Experiment) з вивчення механізму, який формує інтенсивні зимові опади та сильні вітри.

Однією з характерних особливостей досліджуваного процесу стало вивчення в теплому секторі циклону в межах нижніх 1000 м інтенсивних струминних течій. Однак перед холодним фронтом струмині були локалізовані вище 1000 м. Такі СТНР, що розташовані всередині позатропічного циклону, є «ключовим чинником» для поліпшення прогнозу виходу циклону на західний берег США і забезпечення більш точних штормових попереджень [41].

Інший експериментальний проект Atmospheric Radiation Measurement–Cloud and Radiation Test Bed (ARM–CART) проходив протягом декількох діб у вересні 2007 р. у штатах Небраска, Канзас і Техас (США) з метою вивчення еволюції струменя низького рівня. Дані були зібрані на місці (багаторівнева вежа) та з віддалених (SODAR) датчиків.

В ході реалізації проекту встановлено, що активність і структура СТНР добре узгоджуються з даними попередніх досліджень [3-8]. Для вивчення нічного граничного шару була використана, регіональна система моделювання атмосфери ARM-CART NBL високому дозволі для розрахунку взаємодії між рухами різних масштабів. Вказана модель точно змоделювала формування і розпад СТНР в синоптичній ситуації, коли область низького тиску з адвекцією тепла з півдня замінювалася високим тиском.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА НИЗЬКОТРОПОСФЕРНИХ СТРУМЕНІВ НАД ПІВДНЕМ УКРАЇНИ

2.1 Просторово-часова мінливість структурних параметрів струминних посилень вітру над Україною

При вивченні того чи іншого метеорологічного явища традиційно проводять аналіз його повторюваності залежно від пори року й доби, певних метеорологічних умов і синоптичних ситуацій. Такий підхід дозволяє виявити деякі закономірності, що характеризують досліджуване явище, його генезис і еволюцію.

Струминні посилення вітру в нижніх шарах атмосфери поширені практично повсюди і відзначаються відносно рідко - від 2 до 15% від загального числа радіозондувань протягом року. Як правило, СТНР зберігаються впродовж 1-2 строків зондування, і лише в окремих випадках - 24 год і більше. Час існування СТНР визначається типом і тривалістю наявної синоптичної ситуації. Так, рекордна тривалість цього явища - більше 4 діб (102 год) була зафіксована над Сімферополем у 1979 р. [5] в умовах стаціонарного антициклону, що зберігався протягом цього періоду.

Добовий хід повторюваності вітрових аномалій над більшістю досліджених регіонів приблизно однаковий – вночі вони спостерігаються частіше.

За матеріалами багаторічних досліджень цього питання над більшістю регіонів Землі характерною рисою процесів розвитку СТНР є річний хід його повторюваності та основних структурних параметрів. Особливо ця закономірність властива для України і європейської частини Росії – максимум переважно припадає на зимові місяці, а мінімум – на літні. Так, над Сімферополем, Харковом, Шепетівкою і Києвом взимку СТНР спостерігаються у 3-8 разів частіше, ніж влітку, що, імовірно за все, обумовлено або наявністю в холодний період року могутніх радіаційних інверсій в антициклоні, або проходженням над територією України активних південних та атлантичних циклонів.

Потужність низьких струменів коливається від 200-300 влітку до 500-600 м взимку (табл. 2.1), інтенсивність – 16-17 м·с⁻¹ влітку і 18-19 м·с⁻¹ взимку. Найчастіше низькі струмені розташовуються на висотах 400-500 м, у залежності від рельєфу місцевості. В цілому, над Україною переважають струмені західних напрямків.

Таблиця 2.1 - Повторюваність (Р) та середні значення структурних параметрів СТНР над Україною (1975-1995 рр.) [5]

Пункт	Р, %		V ₀ , м·с ⁻¹		V _{max} , м·с ⁻¹		ΔН, м		Н ₀ , м	
	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день
Київ	6	5	21	20	30	29	460	500	840	900
Кривий Ріг	7	4	19	20	38	34	590	450	450	440
Львів	7	8	19	19	36	36	330	310	620	670
Одеса	9	8	20	19	36	33	540	460	590	730
Сімферополь	4	4	20	19	34	34	500	460	800	790
Ужгород	6	4	18	21	32	55	500	580	1180	1380
Харків	3	6	20	19	31	33	600	520	740	850
Чернівці	6	4	21	19	37	29	590	450	860	850
Шепетівка	7	4	20	20	34	30	570	560	990	1040

В області низького струменя, як правило, формуються слабкі вертикальні зсуви вітру, хоча в окремих випадках можуть виникати сильні і дуже сильні.

Інтенсивність низькотропосферних струменів збільшується від літа до зими – 17-20 і 18-22 м·с⁻¹, відповідно. Над Україною виникнення найбільш інтенсивних СТНР в холодне півріччя, як правило, спостерігається при виході південних і проходженні активних північно-західних циклонів. Для порівняння, над північними районами Східноєвропейської рівнини формування інтенсивних низьких струменів пов'язано з перебудовою баричного поля в перехідні сезони. Таким чином, тип і активність баричних утворень, що визначають погодні умови над окремою територією, в значній мірі обумовлює інтенсивність низьких струменів.

2.2 Короткий опис вихідної інформації

В ході виконання дослідження використані дані над ст. Одеса-ГМО у 2011–2015 рр. у 00 UTC [46] та синоптичні карти з архіву пакету АРМСин 3.0. або з [47]. Протягом вказаного періоду виконано 1221 радіозондування, тобто здійснено лише 67 % від нормативної кількості аерологічних спостережень (табл. Б.1).

Аналізуючи аерологічну інформацію за п'ятирічний період зроблені висновки щодо відсутності зміни забезпеченості даними з року в рік – від 62 до 68 %, за винятком 2015 року, коли вона зросла до 84 %.. Як видно з рис. 2.1, найкраща забезпеченість даними у приходилася на серпень та досягала 86 %, також вона була значною у – більше 80 %. Менш за все радіозондів випускали у жовтні – 35 %.

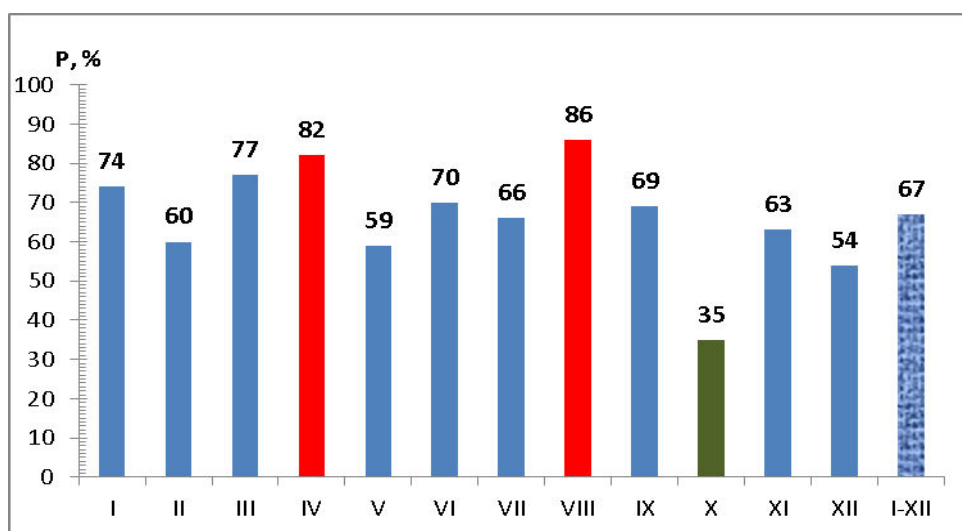


Рис. 2.1. Середня забезпеченість (%) даними радіозондування на ст. Одеса-ГМО у 2011-2015 рр.

Взагалі були відсутні дані радіозондування у жовтні 2011 і 2014, у грудні 2013 рр. та травні 2014 р., а також у липні 2012 р. здійснювалося лише 4 зондування (13 %). У більшості місяців якість вихідної інформації була задовільна – більш 70 %.

Якщо розглянути, як змінювалася середньомісячна забезпеченість даними по роках (рис. 2.2), то виявиться, що в 2011 р. найкраща якість даних виявилася у лютому (96 %) та у червні-липні (по 90 %); в 2012 р. – у квітні та

травні 93 і 94 % відповідно, у 2013 р. в травні – 94 % та у 2014 р. – у лютого – 96 %. Впродовж шості місяців 2015 р. (січень, березень, квітень, липень, серпень, грудень) забезпеченість перевищувала 90 %, а у вересні досягла 100 %, тобто була повною.

Щодо сезонних змін у якості інформації, з рис. 2.2 наочно видно, що відносно краще забезпечене даними перша половина року та серпень.

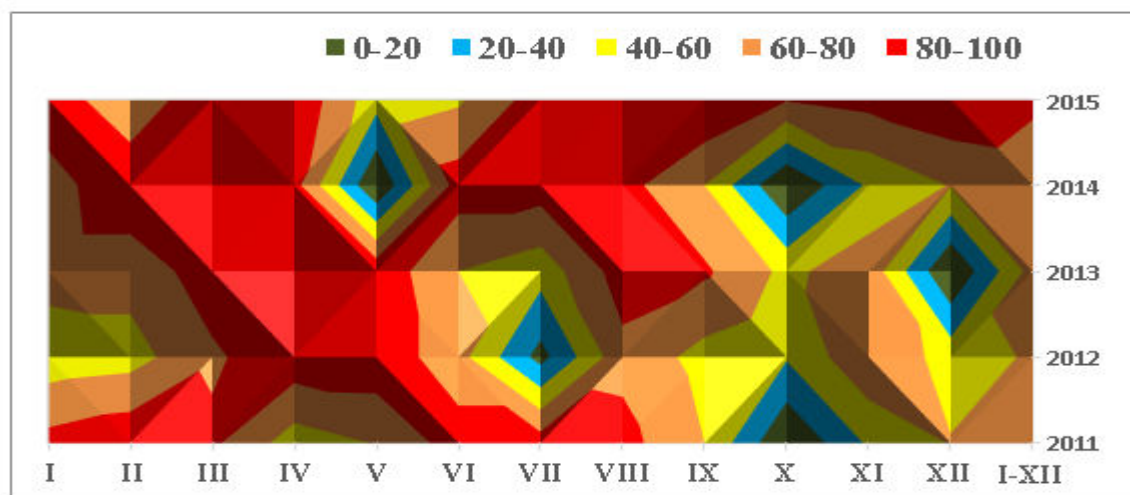


Рис. 2.2. Забезпеченість даним радіозондування на ст. Одеса-ГМО з 2011 по 2015 рр.

Порівнюючи період дослідження з попереднім десятиріччям [19], можна помітити поступове зростання якості вихідної інформації, а саме від 59 до 67 % здійснених радіозондувань.

У порівнянні з рештою пунктів радіозондування України [8] Одеса відрізняється відносно кращою забезпеченістю, за винятком Києва, де запуски радіозонда виконуються двічі на добу (00 та 12 UTC).

Отже, для аналізу доступні 67 % нічних строків зондування, тому потрібно обмеженість вихідної інформації враховувати при дослідженні.

2.3 Повторюваність та структура низьких течій в 2011-2015 рр.

Отже, в рамках виконання кваліфікаційної роботи проаналізовані 1221 радіозондів (табл. Б.1), та виявлено 181 випадок, коли швидкість вітру у нижньої тропосфері перевищувала $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, з яких 117 можна віднести до

низько тропосферних течій, при яких вертикальний профіль швидкості вітру відповідав визначенню явища.

На базі даних радіозондування побудували профілі вертикального розподілу швидкості вітру та температури (рис. Б.1-Б.3), за допомогою яких виявлялися СТНР та розраховувалися їх структурні параметри.

Переважно низькі течії формувалися у холодне півріччя, а саме 64 проте 36 % у тепле, що не відрізняється від попередніх періодів [4, 5, 19]. Більшість течій спостерігалася навесні, а саме 41 випадок або 35 % від кількості радіозондувань. Незначне меншою їх повторюваність виявилася взимку – 39 випадків або 33 %. Як видно з рис. 2.3, у решті сезонів їх кількість зменшилася майже вдвічі - влітку і восени лише 15 і 22 течії, тобто 13 і 19 %.

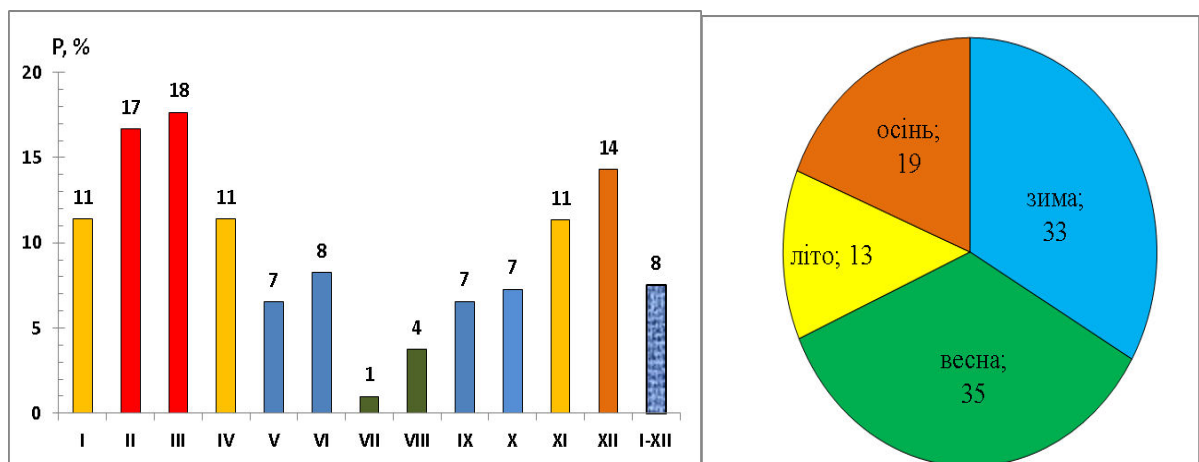


Рис. 2.3. Повторюваність СТНР на ст. Одеса-ГМО у 2011-2015 рр.

Таким чином, повторюваність СТНР у період 2011-2015 рр. становила 8 %, що не відрізняється від її багаторічного значення – 8% [5], з максимумом у лютому і березні – 17 і 18 %, також вона була значною у грудні – 14 %. Повторюваність нижче середньої виявилася безперервно з травня по жовтень (від 1 до 7 %), тобто у місяці з циркуляційними процесами характерними для літа. Найнижчою кількістю низьких струменів відрізнялися липень та серпень, коли було знайдено 1 та 5 випадків. Зменшення активності формування СТНР у січні, можливо, пов'язане з браком 26 % радіозондів у цей місяць.

Отже формування низьких течій у 2011-2015 рр. характеризувалося більшою активністю навесні та взимку – 68 %, причому перевага формування струменів у холодне півріччя виявляється значною – 64 %.

Як видно з табл. 2.2 протягом періоду 2011-2015 рр. інтенсивність низькотропосферних струменів у середньому на рік на 1 м/с слабкіше (18 м/с), ніж у 1975-1995 рр., але вона на 1 м/с вище ніж у 2001-2010 рр. Відносно більш інтенсивні струмені у січні (22 м/с), а також у лютому та квітні – 21 м/с (рис. 2.4), а максимальні значення швидкостей вітру на осі СТНР досягали 37 м/с (13 лютого 2011 р.), тобто перевершили багаторічний максимум – $33 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ [5].

В цілому, середня швидкість у межах холодного півріччя 2011-2015 рр. становила 20 м/с, а у теплому дещо менше – 18 м/с, що підтверджується результатами [5], але на 1-2 м/с перевищує значення у попередньому десятиріччі [19].

Якщо проаналізувати сезонний розподіл інтенсивності СТНР за 2011-2015 рр., то виявиться формування найбільш інтенсивних течій в зимові місяці, а найменш інтенсивні – влітку. Тобто, зберігається з незначними відмінностями по окремих місяцях, характерний річний хід (рис. 2.4) швидкості вітру на осі течії.

Найбільш інтенсивний низький струмінь над Одесою 13 лютого 2011 р. сформувався за відсутності інверсії температури під впливом перехідної зони зі значними баричними градієнтами між циклоном з центром над Італією та гребенем над сходом України та півднем ЄТР (рис. 2.5).

Отже, протягом п'ятирічного періоду дослідження середньорічна швидкість вітру на осі СТНР незначно зменшилися у порівнянні з 1975-1995 рр. - з 20 до $19 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, але збільшилися у порівнянні з 2001-2010 рр.

Що стосується просторового розташування СТНР над Одесою, то вони у 2011-2015 рр. (табл. 2.3) спостерігалися вище на 510 м, ніж у 1975-1995 рр. (табл. 2.1) та на 140 м у порівнянні з 2001-2010 рр., а з року у рік висота осі струменю змінювалася від 190 до 1390 м, складаючи у середньому 1100 м.

Відносно більш високими виявилися низькі течії у липні та січні – більш ніж 1200 м, а найнижчі – у січні (800 м), на відміну від 2001-2010 рр., коли найбільш високі СТНР формувалися з січня по травень (рис. 2.3). Обраний період характеризувався практично однаковими середніми значеннями висоти осі СТНР у холодне та тепле півріччя – 1060 та 1080 м, відповідно. Подібний розподіл спостерігався у 1975-1995 рр. (600 проти 590 м), але у 2001-2010 рр. більш високі течії виникали у тепле півріччя та з більш значною різницею – 1010 проти 920 м.

Таблиця 2.2 – Структурні параметри СТНР над Одесою,
2001-2010 рр. [19] та 2011-2015 рр.

Місяць	Вісь СТНР			ΔН, м	Н _{нґ} , м
	V _о , м·с ⁻¹	V _{max} , м·с ⁻¹	Н _о , м		
2001-2010 рр.					
I	19	29	1360	670	760
II	20	27	980	840	710
III	20	32	890	560	750
IV	17	31	1170	760	1350
V	17	25	1280	940	880
VI	18	34	750	550	640
VII	19	25	880	560	670
VIII	17	22	820	380	0
IX	18	30	1140	640	810
X	18	25	960	830	500
XI	18	35	850	470	660
XII	18	24	750	320	630
I-XII	18	34	960	630	730
2011-2015 рр.					
I	22	30	1360	970	510
II	21	37	1230	850	990
III	20	26	1230	910	400
IV	21	29	810	920	720
V	16	24	1040	650	550
VI	18	19	1130	540	450
VII	18	21	1390	850	700
VIII	17	18	1020	380	390
IX	18	25	1120	870	840
X	20	24	930	1010	690
XI	19	27	950	950	750
XII	19	29	1040	630	230
I-XII	19	37	1100	800	600

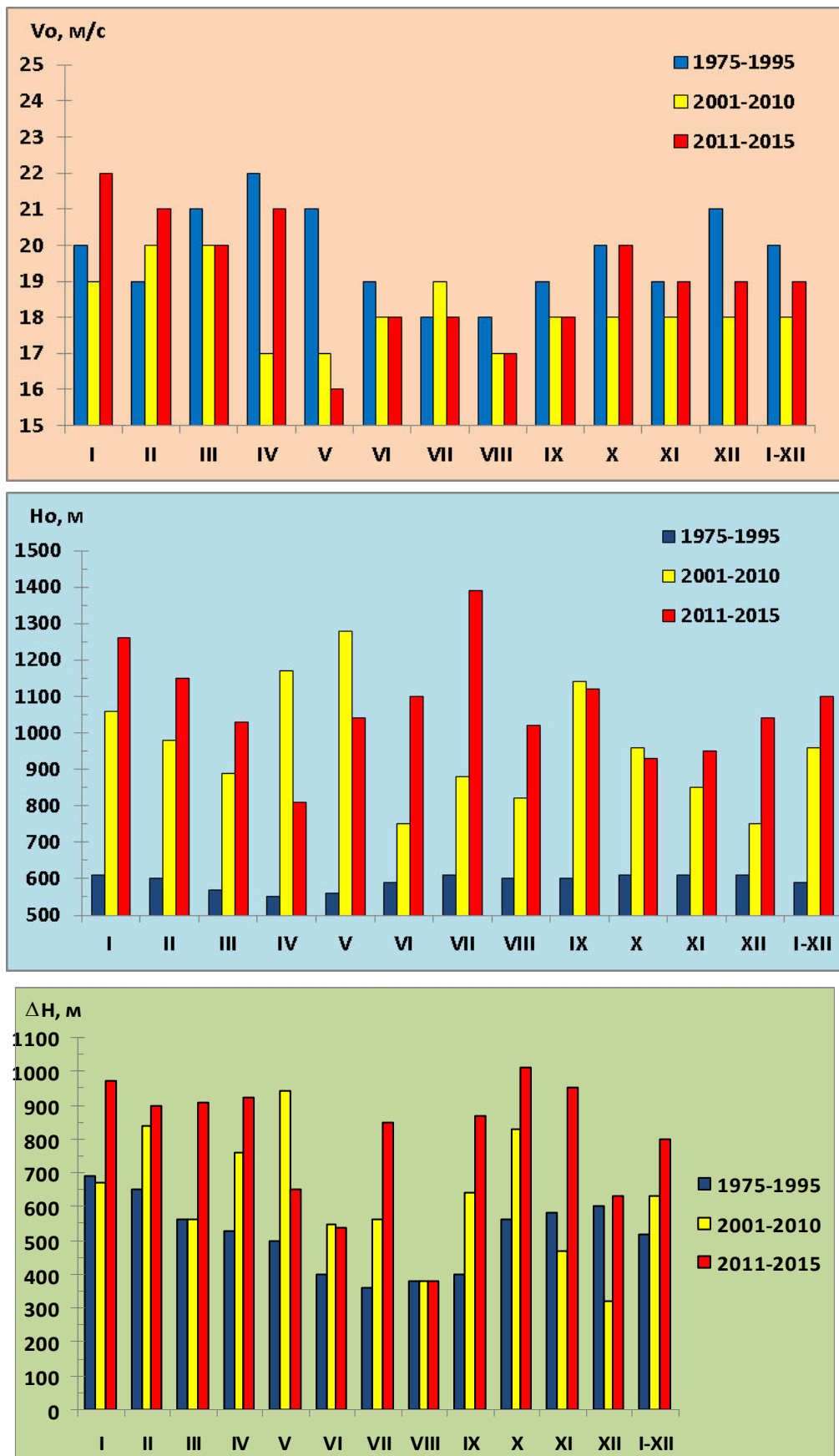


Рис. 2.4. Основні структурні параметри СТНР над Одесою

Нижні межі СТНР (табл. 2.2) у 2011-2015 рр. розміщувалися у середньому на висоті 600 м та їх положення коливалося у межах 150-1950 м, тобто у порівнянні з 2001-2010 рр. нижні межі опустилися на 130 м, при одночасному збільшенні висоти осі. Обидва періоди низькі струмені починалися вище у тепле півріччя, але ця різниця зменшилася у 2011-2015 рр. з 120 до 10 м, тобто в період дослідження СТНР починалися на практично однаковій висоті незалежно від сезону.

Порівнюючи два періоди, виявлено, що зменшення нижньої межі течії відбувалося переважно за рахунок теплого півріччя, коли її середня висота зменшилася з 790 до 610 м, тобто на 180 м. У холодну частину року також цей параметр знизився, але лише на 70 м.

Стосовно потужності струменів можна відмітити її зростання у порівнянні з 1975-1995 рр. з 540 м до 630 і 800 м у 2001-2010 та 2011-2015 рр. Причому у 2001-2010 рр. відносно більш потужні СТНР виникали з січня по травень і у жовтні, а в 2011-2015 рр. – з січня по квітень та з вересня по листопад. Значна потужність у липні визначено тим, що виявлена була лише одна СТНР за п'ять років, можливо через брак вихідної інформації (66 %) та невелику повторюваність низьких течій влітку.

Таким чином, протягом 2011-2015 рр. виявилось збереження активності формування СТНР у порівнянні з 1975-1995 рр. (8 %), але низькі струмені у середньому стали менш інтенсивними (на 1 м/с), але більш високими (на 510 м) та більш потужними (260 м).

Від попереднього десятиріччя період дослідження відрізнявся зменшенням повторюваності з 14 до 8 %, збільшенням висоти осі СТНР (на 140 м) та збільшенням їх потужності (на 170 м) при зростанні інтенсивності течії на 1 м/с.

Для ретельного аналізу динаміки формування структурних параметрів СТНР залучені їх середньомісячні значення з [19] за 2001-2010 рр., доповнені новою інформацією за 2011-2015 рр. та розраховане значення ковзного середнього з періодом у п'ять років для холодного (з жовтня по березень) та теплого (з квітня по вересень) півріч.

Як видно з рис. 2.6, низькі струмені (V_0 , м/с) у холодне півріччя виявилися більш інтенсивними ніж у теплому (на 1-2 м/с), та незалежно від пори року з 2001 по 2015 рр. спостерігалось поступове посилення швидкості вітру на осях СТНР.

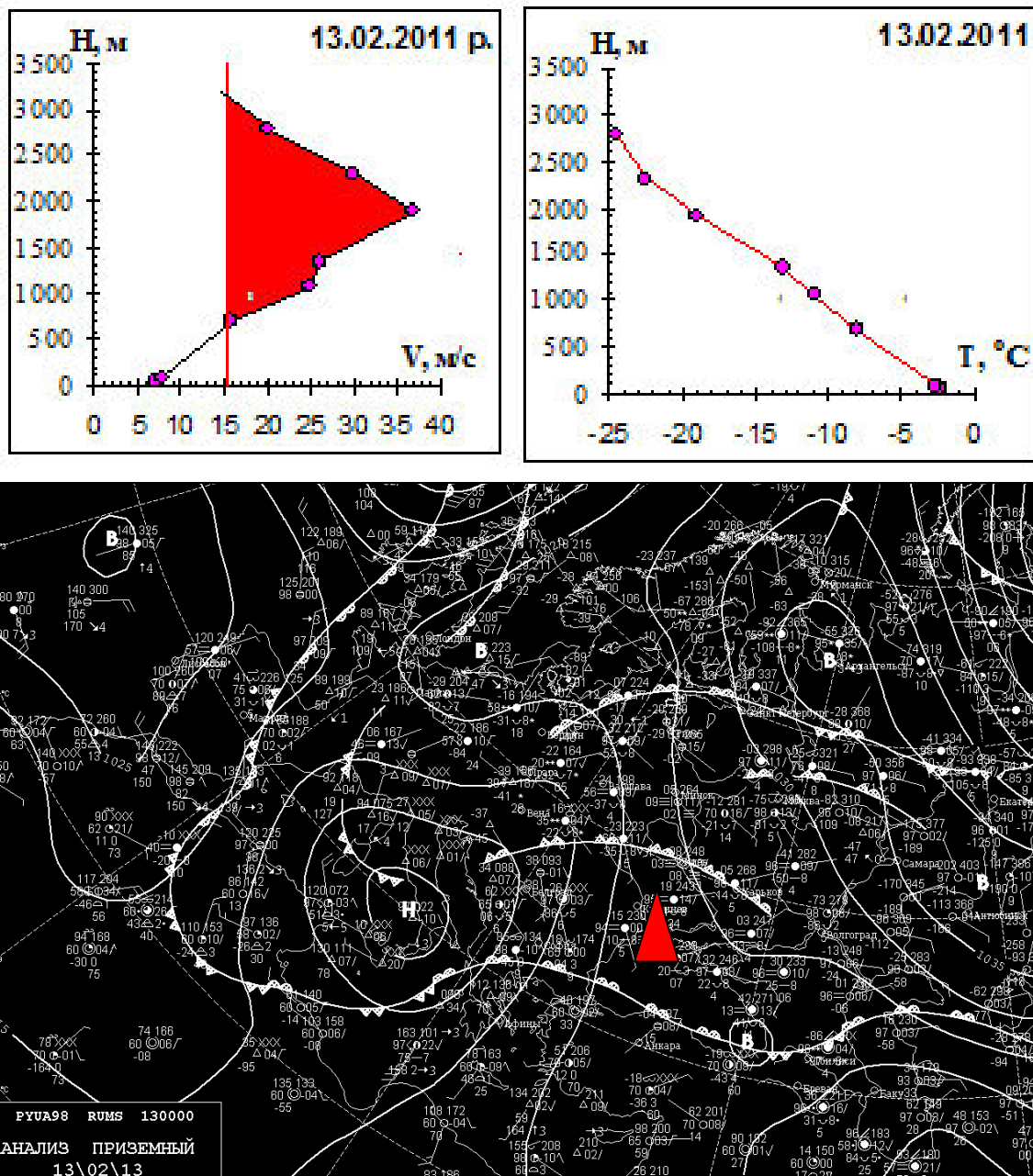


Рис. 2.5. Вертикальний розподіл швидкості вітру та температури над Одесою та приземний аналіз 13 лютого 2011 р., 00 UTC

Аналіз розподілу потужності СТНР (рис. 2.6) виявив її зниження від 2002 по 2006 рр., яке потім переходить у поступове зростання до 2015 р. включно. Тепле півріччя характеризувалося значною потужністю у 2002-2009 рр., а далі вона зменшувалася.

Отже зростання потужності у 2011-2015 рр. відбулося завдяки процесам холодного півріччя через переважне утворення СТНР в цей період (64 %).

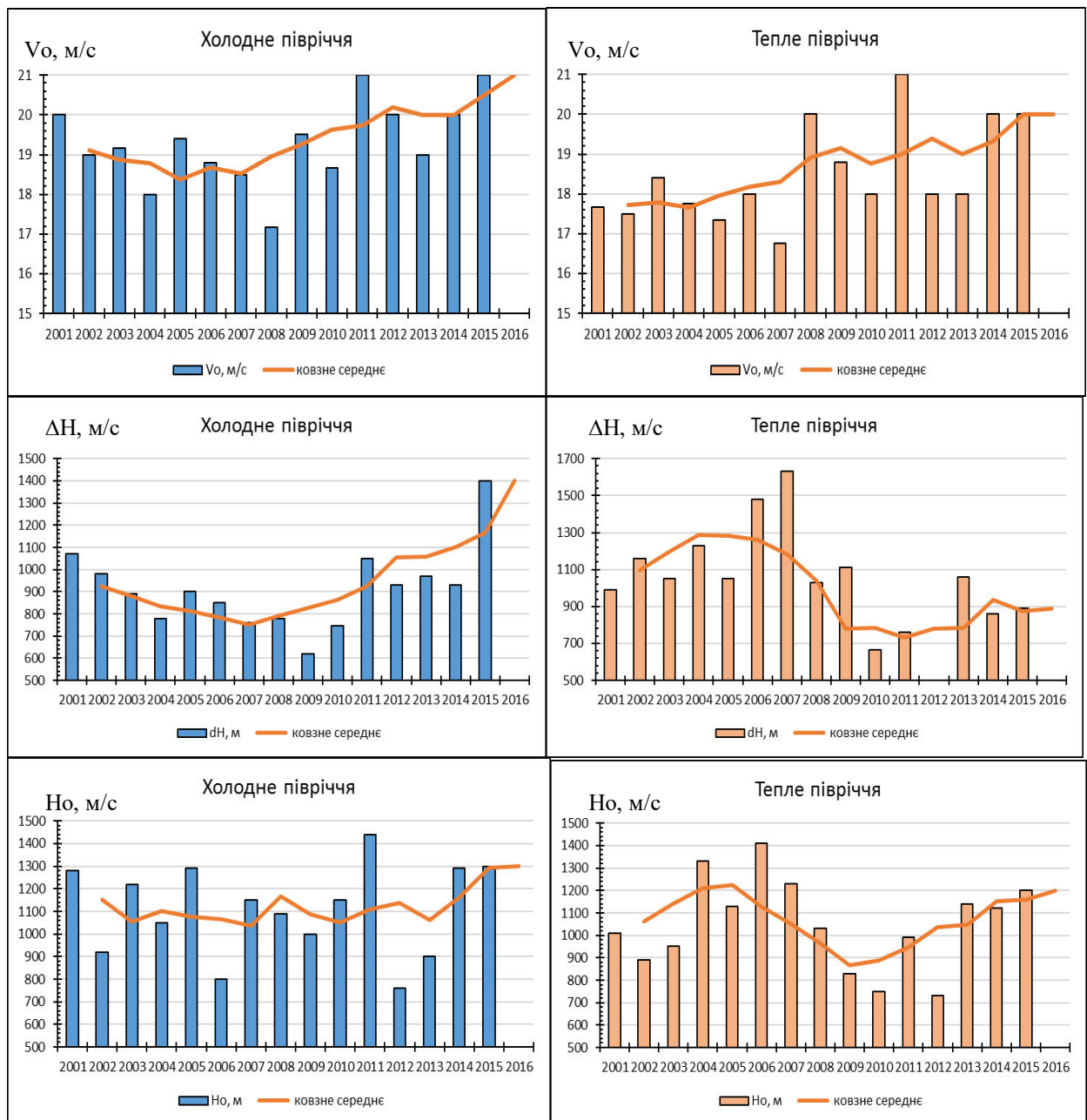


Рис. 2.6. Середньомісячні значення основних параметрів СТНР над Одесою та ковзне середнє з 2001 по 2015 рр. (00 UTC)

При розгляді висоти осі СТНР (рис. 2.6), помітно, що у холодний період більшість струменів формується вище середнього рівня (500 м), особливо у 2011 р., але тренду на зростання або зменшення параметру не виявлено. Тепле півріччя виявило хвилюподібний розподіл ковзного середнього з мінімумом з 2008 по 2012 рр., а починаючи з 2013 р. висота осі СТНР тільки зростала.

Таким чином, протягом 2011-2015 рр. виявилось збереження активності формування становила 8 %, що не перевершило [5], але низькі струмені у

середньому стали менш інтенсивними, але більш високими та більш потужними. Починаючи з 2001 р. спостерігалось зростання інтенсивності СТНР незалежно від сезону при збільшенні її потужності в холодне півріччя та відсутності суттєвих змін висоти осі струменя.

2.4 Вертикальний розподіл напрямку вітру та температури у нижній тропосфері за наявності низьких струменів

Напрямок вітру також є важливою характеристикою вітрових аномалій. Так, над рівнинною частиною України переважають струмені західних напрямків [5, 6, 8, 13]. Над Києвом і Одесою найчастіше формуються північно-західні струменя (44 і 50%, відповідно), над Кривим Рогом західні і північно-західні струменя практично рівноімовірні (34 і 29 %), над Харковом і Сімферополем південно-західні (45 і 47 %). Над більшістю станцій переважний напрямок вітру біля землі відрізняється від переважного напрямку на осі СТНР не більше ніж на 45°, а над Харковом напрямки вітру збігаються. Виняток становить Сімферополь, де при переважанні південно-західних струменів найчастіше спостерігаються північні вітри у землі, що обумовлено складним рельєфом Кримського півострова.

У межах дослідження для визначення переважних напрямків на осі струменю, біля землі та на рівні 850 гПа побудовані табл. 2.3 та графіки фактичного розподілу вітру за румбами (рис. 2.7 і 2.8).

Як видно з рис. 2.7, в середньому за рік над Одесою 2011-2015 рр., переважали північні та північно-західні течії у тепле та холодне півріччя – 31 та 32 %, відповідно. В цілому, на західні румби (Зх, ПнСх і ПнЗх) припадало 53 та 43 % у холодне та тепле півріччя, тобто практично половини СТНР за рік, незважаючи на відносно значну частку північного і східного напрямів (12 і 16 % у холодне півріччя та 31 і 12 % у тепле). Менш за все струмені приймали південно-східний напрям (2-4 %).

В цілому розподіл вітру за румбами на осі СТНР практично співпадав з розподілом на рівні 850 гПа. Біля поверхні землі за наявності СТНР переважав північний та західний румби: 18 і 31 % у холодне півріччя та 39 і 24 % у тепле півріччя та, тобто вітровий режим не відрізняється від

кліматичних показників [12], де мав перевагу вітер північно-західних і західних напрямків.

Таблиця 2.3 - Розподіл напрямку вітру за румбами (%) біля поверхні землі, на осі СТНР та на рівні 850 гПа над Одесою (2011-2015 рр.)

Півріччя	Румби							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
поверхня землі								
Холодне	18	4	14	0	18	4	31	12
Тепле	39	10	0	2	15	0	24	10
ось СТНР								
Холодне	12	5	16	4	9	12	9	32
Тепле	31	7	12	2	5	17	7	19
850 гПа								
Холодне	8	7	16	4	7	14	7	38
Тепле	32	12	12	5	7	12	5	15

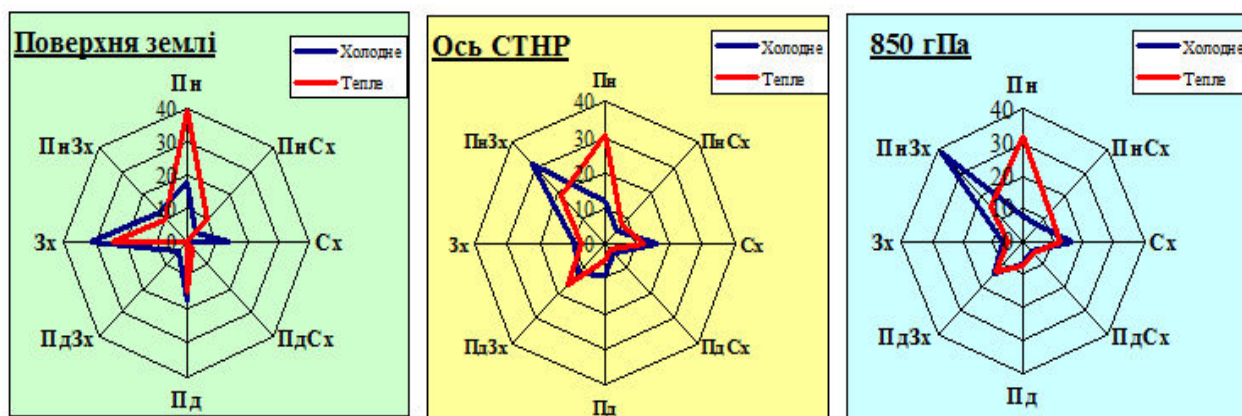


Рис. 2.7. Розподіл напрямку вітру за румбами на вісі СТНР, біля землі та на рівні 850 гПа над Одесою (2011-2015 рр.)

Від поверхні землі до осі струменю практично завжди (79 %) спостерігався правий поворот вітру, а вище СТНР (від осі до 850 гПа) його частка дещо зменшувалася (71 %).

Якщо порівняти швидкість вітру на осі та на верхній межі граничного шару (приблизно рівень 850 гПа), то виявиться, що у 87 % інтенсивність СТНР перевищує швидкість на 850 гПа, у 13 % ці швидкості рівні, та жодного

випадку, коли інтенсивність СТНР менше ніж швидкість на рівні 850 гПа, можливо за рахунок високих СТНР впродовж періоду дослідження.

В середньому швидкість вітру на осі низької течії у холодне півріччя була більше ніж у теплому (на 1 м/с), також подібне співвідношення спостерігалось біля поверхні землі та на рівні 850 гПа. Середні швидкості вітру на вказаних рівнях у холодне півріччя співпадали з осередненням за весь рік, можливо, за рахунок переважного утворення СТНР у цей період.

Таблиця 2.4 – Середнє значення швидкості вітру (м/с) біля поверхні землі, на осі СТНР та на рівні 850 гПа над Одесою (2011-2015 рр.)

Півріччя	Середня швидкість		
	поверхня землі	ось СТНР	850 гПа
Земля			
Холодне	4	20	15
Тепле	3	19	14
Всього	4	19	15

Як видно з табл. 2.4 за середніми значеннями швидкості вітру біля землі, СТНР переважно утворювалися при слабкому приземному вітрі, а саме 89 низьких течій або 76 % супроводжувалося швидкістю вітру менш ніж 4 м/с. Більшість з них (55 випадків або 62 %) спостерігалася у тепле півріччя, у межах якого виявився випадок формування СТНР за наявності штилю (16 серпня 2015 р.) під впливом баричної улоговини.

Як показують численні дослідження, які проведені для різних регіонів земної кулі, існує певний взаємозв'язок струминних течій нижніх рівнів і температурних інверсій [3-6, 17, 18, 20, 28].

При дослідженні затримуючих шарів використовують структурні параметри аналогічні параметрам СТНР:

- потужність інверсії або ізотермії - різниця між висотами нижньої і верхньої меж шару підвищення або сталості температури (ΔH , м);
- глибина або інтенсивність інверсії - різниця між максимальною і мінімальною температурою в інверсії (ΔT , °C); в ізотермії $\Delta T = 0,0$ °C.

Інверсії підрозділяють на приземні, піднесені і висотні (висота нижньої межі понад 1500 м). Такий же поділ використовується для ізотермії.

У середньому над територією України поєднання низьких струменів і інверсії спостерігається в 65-75% випадків у холодний період року і не більше 40% випадків - у теплий. Наприклад, взимку 1990-1992 рр. більшість (96%) СТНР розвиваються на фоні інверсій та ізотермії [7, 8].

Комбінація низькотропосферного струменя і затримуючого шару переважно виявляється в нічний термін як взимку, так і влітку.

Для більш повного уявлення про роль затримуючих шарів в процесах виникнення і розвитку низьких струменів необхідно розглядати положення інверсійного шару відносно осі СТНР. Як показано в табл. 2.5, над Одесою протягом року СТНР переважно формувалися при відсутності затримуючих шарів - 43 %, а у холодне півріччя їх частка була ще більш значною - 47 %, тобто майже половина СТНР. Значною виявилася частка приземний інверсій (від 19 до 22 %), тобто п'ята частина всіх СТНР формувалася над затримуючими шарами.

Таблиця 2.5 – Розподіл типів термічної стратифікації над Одесою (2011-2015 рр.) за наявності СТНР

Півріччя	Відсутність інверсії	Приземна інверсія	Піднесена інверсія		Висотна інверсія	
			вище	нижче	вище	нижче
Холодне	47	19	15	13	5	1
Тепле	37	22	20	10	12	0
Всього	43	20	16	12	8	1

Відносно піднесених та висотних інверсій можна помітити, що їх частка досягала 37 % на рік, та переважно вони формувалися у тепле півріччя (47 %). Піднесені інверсії супроводжували 28 % СТНР, на висотні припадало лише 9%. Якщо враховувати розташування інверсії відносно осі низької течії, то виявиться, що вони розміщалися вище осі. У тепле півріччя вище осі було вдвічі більше піднесених інверсій ніж під СТНР, а всі висотні розташовувалися вище струменю. У холодне півріччя піднесені інверсії порівну розміщалися відносно осі СТНР, а висотні утворювалися переважно вище.

3 ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ НАД ПІВДНЕМ УКРАЇНИ ПРИ ФОРМУВАННІ НИЗЬКИХ СТРУМЕНІВ

3.1 Повторюваність синоптичних ситуацій, які сприяли виникненню низькотропосферних течії

Низькотропосферні струмені фіксуються за різних макроциркуляційних умов. В основному СТНР (у середньому по Україні від 65 до 70% випадків) спостерігаються при циклонічному характері циркуляції: у тилівій, передній частинах і теплому секторі циклону, улоговини (табл. 3.1). У південному напрямку збільшується відсоток антициклоніальних струменів. У Сімферополі, найпівденнішому пункті радіозондування в Україні, в гребені відмічено найбільший відсоток СТНР – 20% випадків протягом року. Крім того, низькі струмені виникають в малоградієнтному полі та перехідній зоні між областями високого і низького тиску (від 4 до 15% випадків).

Різноманітність макроциркуляційних умов формування низькотропосферних струменів свідчить про те, що у створенні струменів беруть участь різні фізичні механізми. Це підтверджує залежність структурних параметрів СТНР від синоптичної ситуації. Так, над територією України в циклонах швидкість вітру на осі та потужність струменів у середньому більше ніж в антициклонах.

Багаторічні спостереження показують, що в 55-65% випадків СТНР над Україною пов'язані з фронтальними розділами, і ця залежність збільшується від теплового сезону до холодного. Найчастіше низькі струмені утворюються на теплих фронтах. Так, для Одеси у холодне півріччя 30% СТНР відмічені на теплих фронтах, 25 - на холодних і 8 - на фронтах оклюзії. У тепле півріччя відповідно: 26, 21 і 7%.

Низькотропосферні струмені, що супроводжують фронтальні розділи, як правило, розташовуються перед холодними і теплими фронтами паралельно їм, однак нерідко струмені спостерігаються в зафронтальній повітряній масі. У більшості випадків вони не пов'язані із струминною течією верхньої тропосфери і являють собою самостійне явище.

Таблиця 3.1 - Повторюваність (%) СТНР у різних баричних утвореннях над Україною у холодне (Х) та тепле (Т) півріччя (1975-1995 рр.) [6]

Пункт	Тип синоптичної ситуації															
	циклон								антициклон							
	передня частина		теплий сектор		тил		улого-вина		перед. частина		центр. частина		тил		гребінь	
	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т
Київ	31	20	9	11	16	14	12	10	7	11	6	8	6	10	13	16
Кривий Ріг	25	19	15	12	13	10	13	10	8	13	7	9	7	12	12	15
Одеса	28	18	18	15	12	10	13	8	7	15	4	7	8	13	10	14
Сімферополь	20	13	15	10	10	8	11	11	9	14	8	13	10	11	17	20
Харків	27	21	14	12	17	15	12	11	7	12	6	8	6	9	11	12
Львів	25	19	18	16	14	11	13	10	6	11	7	6	5	9	12	18
Чернівці	22	20	20	15	13	12	13	11	6	10	7	8	6	8	13	16
Шепетівка	20	17	18	14	15	13	14	13	7	11	8	7	6	12	12	13
Ужгород	30	18	20	17	12	11	12	9	6	14	4	6	7	12	9	13

Найбільш інтенсивні СТНР формуються в області холодних фронтів, а найбільш потужні - в області теплих [5-6, 15, 16, 23]. Взагалі структура фронтальних СТНР визначається типом атмосферного фронту, його активністю, орієнтацією, швидкістю пересування, відстанню від фронту та географічним фактором.

В процесі дослідження виявлено, що в цілому за всі місяці 2011-2015 рр. СТНР переважно утворювалися (66%) під впливом циклонічної циркуляції, причому її частка більш значна у холодне півріччя ніж у тепле – 69 проти 62 % (табл. 3.2).

Незалежно від сезону найчастіше низькотропосферні течії формувалися в улоговині (25 %), також значні частки припадали на гребінь антициклону та тил циклону – 18 та 19 %, відповідно.

Таблиця 3.2 – Розподіл (%) СТНР над Одесою з 2011 по 2015 рр.
по частинах баричних утворень

Півріччя	Тип синоптичної ситуації								
	циклон					антициклон			
	передня частина	теплий сектор	центр	тил	улоговина	передня частина	центр	тил	гребінь
холодне	9	9	3	21	27	4	3	7	17
тепле	5	7	14	14	21	17	0	2	19
Рік	8	9	7	19	25	9	2	5	18

У холодне півріччя, а саме з жовтня по березень, найчастіше струмені утворювалися під впливом улоговини (27 %) та у тилівій частині циклону (21 %). Антициклонічні СТНР формувалися переважно (17 %) у гребні (рис. 3.1.). Частка інших частин баричних утворень не перевищувала 9 %, а найменшими виявилися центральні частини циклону та антициклону – по 3 %.

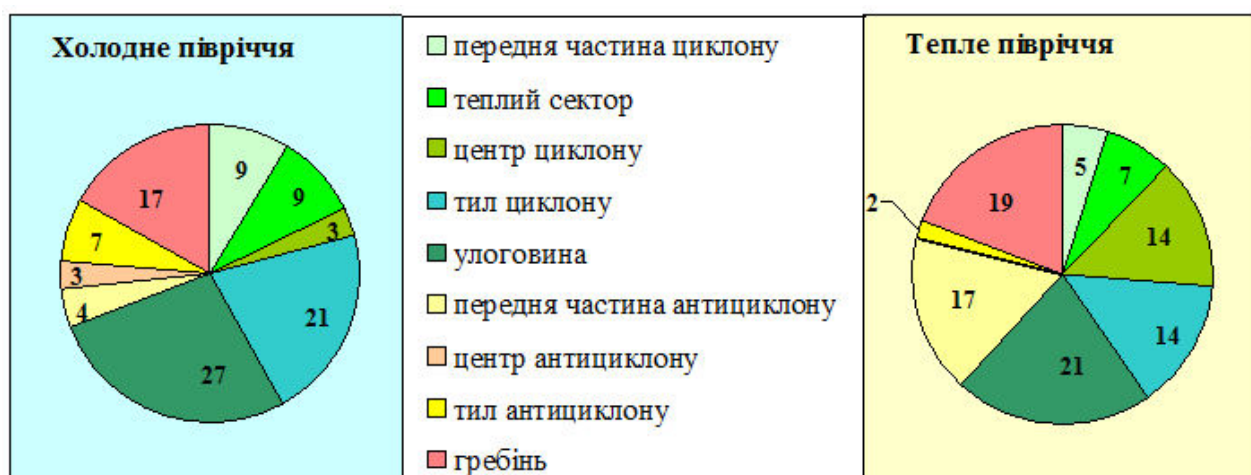


Рис. 3.1. Розподіл (%) формування СТНР над Одесою за частинами баричних утворень (2011-2015 рр.)

Тепле півріччя також характеризувалося перевагою циклонічних струменів, що формувалися переважно в улоговині та тилу циклону (21 і 14 %, відповідно). Антициклонічні СТНР створювалися найчастіше (19 %) у гребні

та у передній частині антициклону (17 %). На решту частин баричних утворень приходилось менш ніж 7 %, а у центральній частині антициклону за п'ять років не знайдено жодної низької течії.

Отже, розподіл випадків формування СТНР за частинами баричних утворень у 2001-2015 рр., в загальному плані, також не відрізнялося від 1975-1995 рр. [6] та [19] – більша частина низьких течій формувалася у циклонічному полі, решті в антициклональному, а на периферійні частини баричних утворень з великими градієнтами тиску (більше 1,5...2,0 гПа/100 км) приходилося 93 %.

Більша частина СТНР створювалася у зоні впливу атмосферних фронтів – 67% випадків, з яких більша частина приходилася на холодне півріччя (49 випадків або 63 % всіх фронтальних СТНР).

Впродовж 2011-2015 рр. більшість низьких течій, що пов'язані з фронтальними розділами, утворювалися біля холодного фронту (71 %), з перевагою частки зафронтальних утворень, що розташовувалися у теплому секторі або у перехідних зонах між циклоном і антициклоном; 43 та 41 % у холодне та тепле півріччя (табл. 3.3). З теплим фронтом СТНР були пов'язані частіше у тепле півріччя ніж у холодне – 28 проти 18 %, та переважно виявлялися на лінії теплої ділянки фронту.

Таблиця 3.3 – Розподіл (%) СТНР над Одесою з 2011 по 2015 рр., що пов'язані з атмосферними фронтами

Півріччя	Тип атмосферного фронту								
	холодний			теплий			оклюзії		
	за	перед	на	за	перед	на	за	перед	на
холодне	43	18	12	4	0	14	0	4	4
тепле	41	14	10	3	7	17	0	7	0
Рік	42	17	12	4	3	15	0	5	3

Щодо фронту оклюзії, то перед ним та на ньому спостерігалось лише 7-8 %, за лінією фронту – жодної СТНР.

Аналіз інтенсивності фронтальних низьких течій виявив, що у зв'язку з холодним фронтами спостерігалися найбільш інтенсивні течії (від 18 до 31 м·с⁻¹), а теплим – менш сильні (від 15 до 20 м·с⁻¹).

3.2 Типізація синоптичних процесів за наявності низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр.

Південь України відзначається специфічними особливостями циркуляції і впливом Чорного та Азовського морів. Відомо, що циклони помірних широт, що переміщуються з заходу та північного заходу не впливають на погоду півдня України. Розвиток циклонів такого типу над Україною супроводжується проходженням через південні райони улоговин або утворенням перехідної зони між циклонами та розташованими на півдні областями високого тиску. У таких перехідних областях спостерігається, головним чином, незбуджене перенесення повітряних мас, напрямок якого залежить від взаємного розташування циклонів та антициклонів.

Через південь України центральною частиною переміщуються циклони, що виникають у басейнах Середземного або Чорного морів, а також невеликі циклони, що утворюються на холодних фронтах, які переміщуються з заходу та північного заходу. Периферійні атмосферні процеси характерні для півдня України і при розвитку над Європою антициклонів, що своєю центральною частиною іноді переміщуються над півднем України і Чорним морем.

Для аналізу синоптичних умов, які сприяють утворенню СТНР, використовувалась типізація синоптичних процесів, яка наведена розроблена Івус Г.В. співробітниками кафедри метеорології та кліматології [6, 9, 10, 11].

В ході дослідження для кожного типу і підтипу підрахована кількість випадків низьких струменів за 00 UTC, а потім визначена їх повторюваність в від числа радіозондування при тому або іншому типі синоптичного процесу. Виявилося, що жодного разу СТНР не виникали при малоградієнтних периферійних процесах (тип 1), циклонічної циркуляції з невеликими градієнтами (тип 2) та у розмитих баричних полях (тип 4), отже, формуванню СТНР сприяли тип 3, 5 та 6 (табл. 3.4 та рис. 3.2).

При антициклонічній циркуляції (тип 3), яка характеризується в загальному випадку послабленою швидкістю вітру, низхідними вертикальними рухами і малохмарною погодою, створюються, сприятливі умови для виникнення нічних посилень вітру над шаром температурної інверсії.

Таблиця 3.4 - Повторюваність (к.в. / %) типів (підтипів) синоптичних процесів формування низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр.

Типи синоптичних процесів	Підтипи синоптичних процесів	Півріччя			
		холодне		тепле	
		к.в.	%	к.в.	%
3 Анти-циклонічна циркуляція	3	2	3	3	8
	3.1	2	3	2	5
	3.2	0	0	1	3
	3.3	0	0	0	0
5 Периферійні процеси з проходженням фронтів	5	26	34	20	49
	5.1	9	12	19	48
	5.2	17	22	1	3
6 Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами	6	49	64	17	43
	6.1	6	8	1	3
	6.2	15	19	2	5
	6.3	24	30	7	18
	6.4	4	6	7	18
Загальна кількість		77	100	40	100

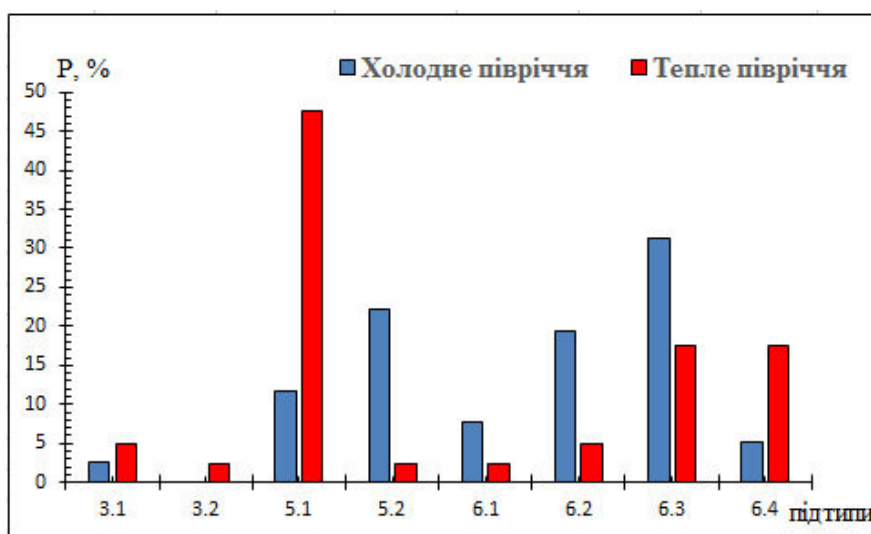


Рис. 3.2. Повторюваність (%) підтипів синоптичних процесів за наявності СТНР над Одесою (2011-2015 рр.)

Протягом 2011-2015 рр. при антициклонічній циркуляції (рис. 3.3) низькі частіше утворювалися тепле півріччя (8 %) за всієї імовірності через нічне радіаційне охолодження, а у холодне навпаки частка цього типу мінімальна – 3 % (рис. 3.2).

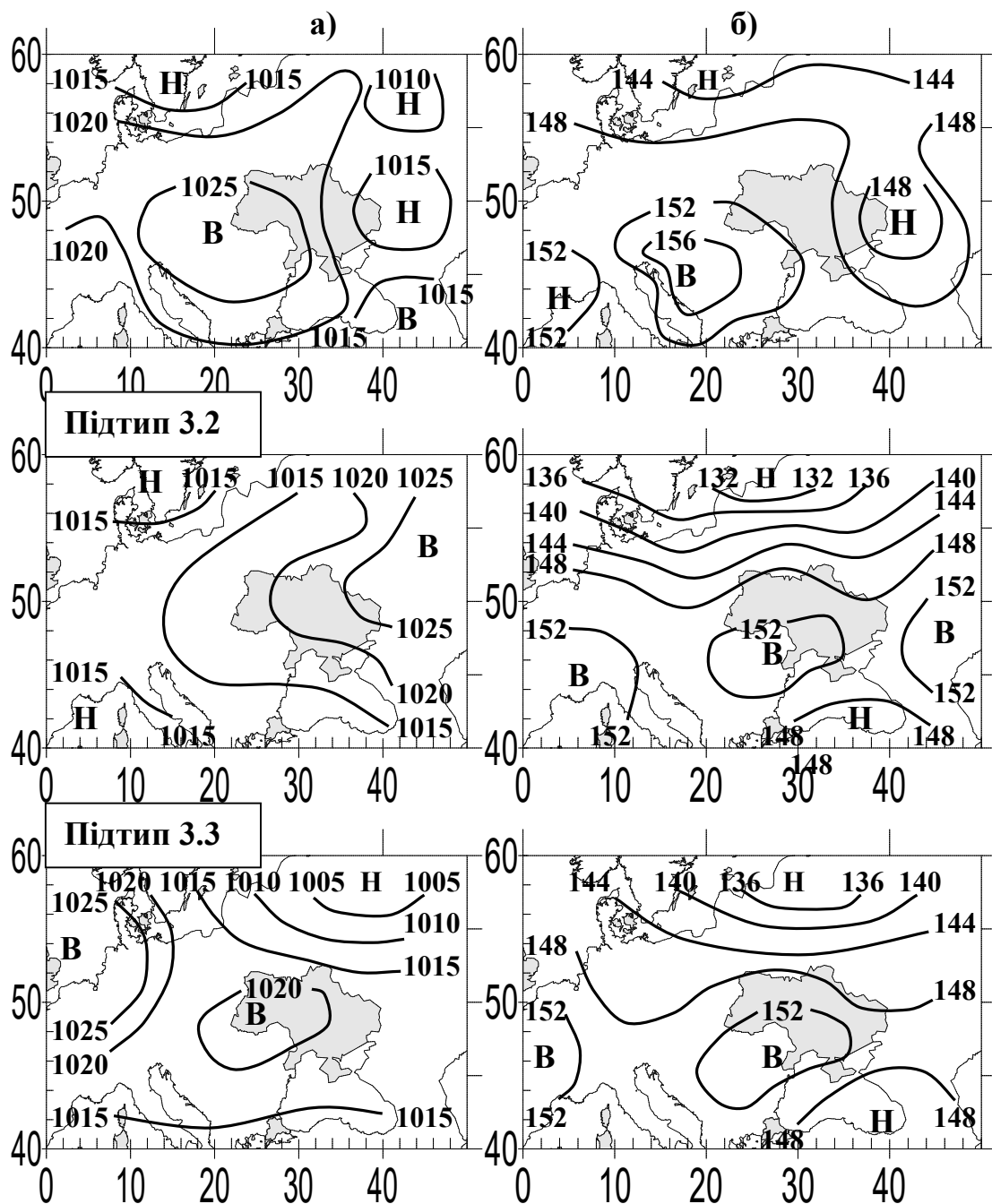


Рис. 3.3. Підтипи синоптичного типу 3.

Карти-схеми: приземна (а) і AT_{850} (б)

Розглядаючи тип 5 (периферійні процеси з проходженням атмосферних фронтів) можна помітити, що даний тип синоптичних процесів (рис. 3.4) не є характерним для Одеси, але при ньому утворювалося половина (51 %) низьких течій теплового півріччя та більше третини холодного (34 %). Для холодної частини року більш сприяли формуванню СТНР підтип 5.2, а у теплу пору – підтип 5.1.

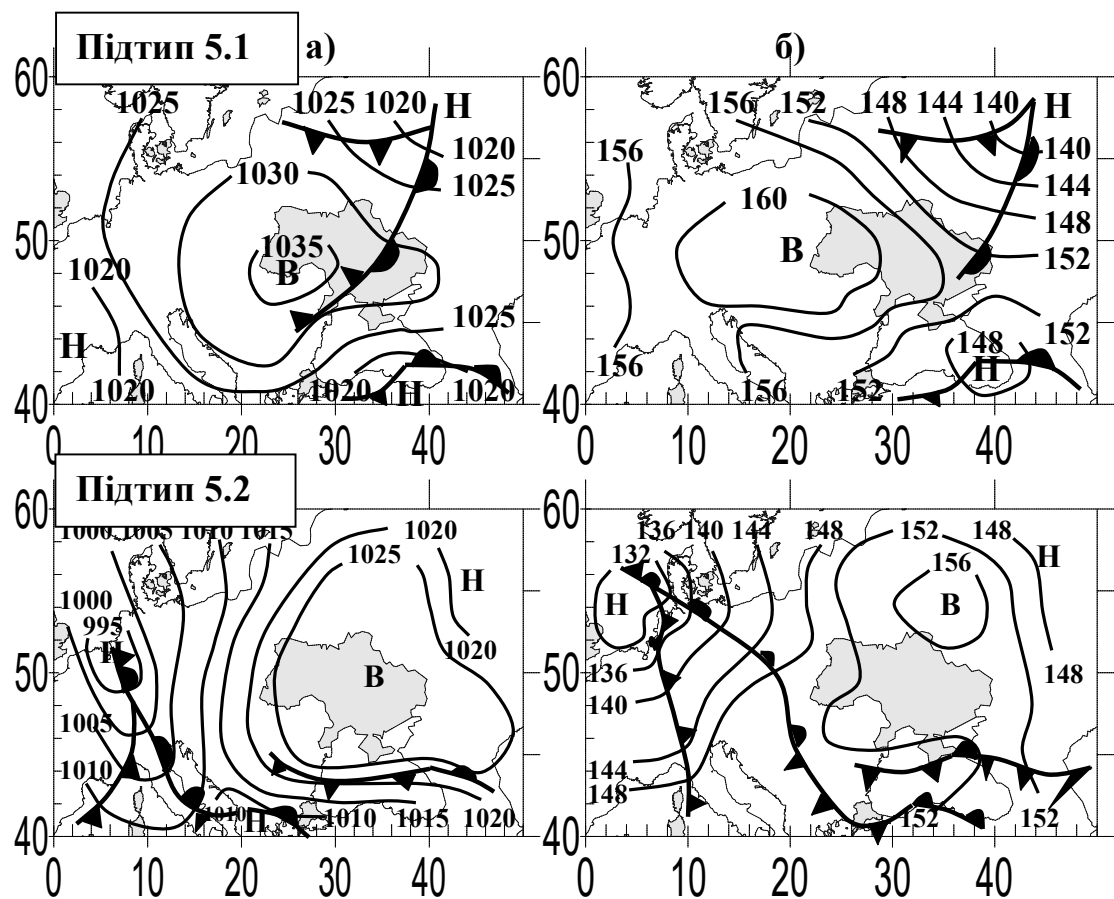


Рис. 3.4. Підтипи синоптичного типу 5.

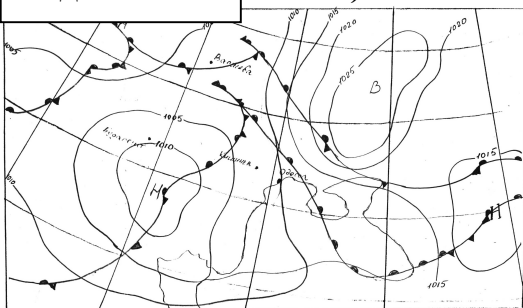
Карти-схеми: приземна (а) і АТ₈₅₀ (б)

Синоптичний тип 6, тобто циклонічна циркуляція з великим баричними градієнтами (рис. 3.5) були часто пов'язані з низьких течій, особливо у холодне півріччя (64 %), коли відносна перевага припадала на підтип 6.3 та 6.2, а саме 3.1 та 19 %, відповідно. У тепле півріччя з типом 6 пов'язані 43 % низьких течій, причому на підтипи 6.3 та 6.4 приходилося по 18 %.

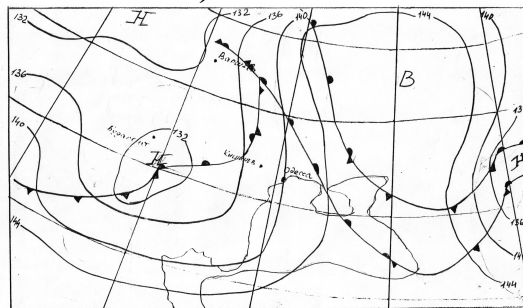
Отже, переважно СТНР формувалися під впливом улоговини з фронтами, яка обумовлює вітри різних напрямків в залежності від своєї орієнтації.

Підтип 6.1

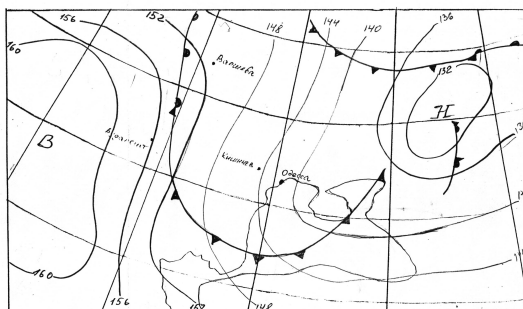
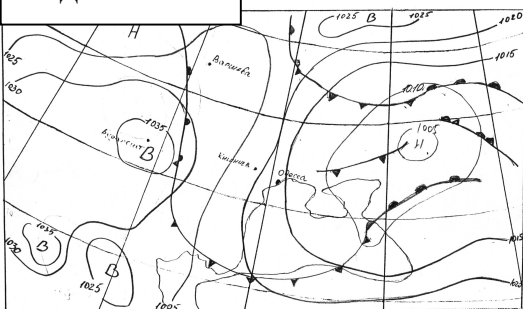
а)



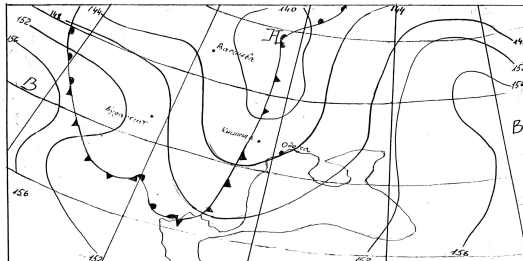
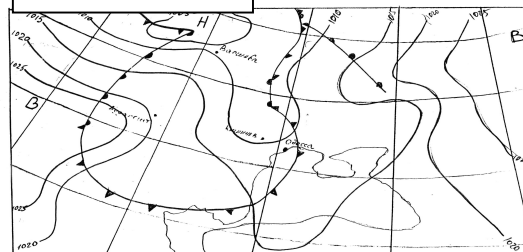
б)



Підтип 6.2



Підтип 6.3



Підтип 6.4

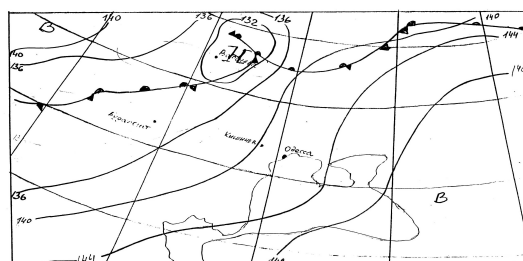
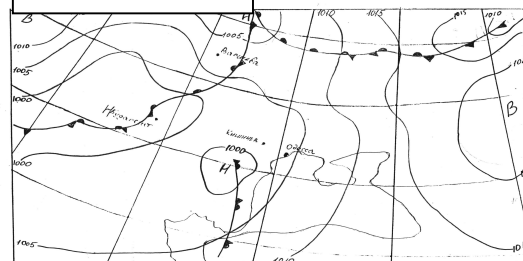


Рис. 3.5. Підтипи синоптичного типу 6.

Карти-схеми: приземна (а) і АТ₈₅₀ (б)

Таким, над півднем України у 2011-2015 рр. низькі течії формувалися найчастіше при циклонічній циркуляції з великими баричними градієнтами та в улоговинах циклонів з фронтальними розділами.

Існує багато класифікацій великомасштабної циркуляції атмосфери Північної півкулі, серед яких найбільш відома синоптична класифікація великомасштабних атмосферних процесів Б.Л. Дзердзеєвського [13] і якій у 2016 р. виконалася 70 років. Всі ці класифікації схематизують циркуляцію атмосфери, відкидаючи дрібні деталі баричного поля, що спрощує опис синоптичних процесів. Частина типів і груп типів із синоптичної класифікації Дзердзеєвського спостерігається досить синхронно з типами із класифікації, побудованої по формальних алгоритмах розбиття на кластери спостережених баричних полів.

В класифікації Дзердзеєвського тип великомасштабної атмосферної циркуляції для позатропічних широт Північної півкулі визначається положенням і характером основних синоптичних процесів у нижній тропосфері – переміщенням південних циклонів і траєкторій антициклонів, пов'язаних з арктичними вторгненнями. Ці процеси відображують відносно стійке у часі географічне положення висотних баричних улоговин і гребенів. Так звані елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ) розрізняються по числу та географічному положенню улоговин і гребенів у полі тиску середньої тропосфери і положенню траєкторій приземних баричних утворень. Число ЕЦМ, введених Дзердзеєвським, дорівнює 13. Незначні зміщення улоговин і гребнів у просторі і по сезонах доводить варіанти циркуляційних схем до 41. Цей набір дозволяє будь-який спостережений стан атмосфери віднести до конкретного типу циркуляції, так що зміни циркуляції в часі зводяться до зміни типів (протягом доби існує лише один тип).

Типи циркуляції утворюють 15 груп, що розрізняються на рівні АТ-500 по кількості та напрямку відхилень переважаючого повітряного потоку від чисто зонального. Групи не приурочені до сезонів року.

Календар послідовної зміни ЕЦМ за 1899-2015 рр. представлений на ресурсі [48] був залучений до дослідження. На його підставі створено табл. 3.5, де наведена повторюваність типів та підтипів за наявністю над Одесою низьких течій з 2011 по 2015 р., а на рис. 3.6 для наочності представлений розподіл по типах ЕЦМ для холодного та теплого півріччя. Також побудована табл. 3.6 для аналізу зв'язку ЕЦМ та синоптичних типів.

Таблиця 3.5 - Повторюваність (к.в. / %) типів та підтипів ЕЦМ
за наявності низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр.

Півріччя	Підтипи											
	2а		5б		5в		6		7бл		8а	
холодне	0	0	3	4	4	5	0	0	0	0	2	3
тепле	1	2	0	0	0	0	1	2	2	5	1	2
	8бз		8вз		8гз		8вл		8гл		9а	
холодне	3	4	3	4	4	4	0	0	0	0	0	0
тепле	0	0	0	0	0	5	2	5	2	5	4	10
	9б		10а		11а		11в		11г		12а	
холодне	0	0	2	3	6	8	14	19	2	3	15	20
тепле	2	5	0	0	0	0	1	2	0	0	6	14
	12вз		12г		12бз		12бл		13з		13л	
холодне	2	3	3	4	0	0	0	0	12	16	0	0
тепле	0	0	5	12	2	5	6	14	1	2	6	14

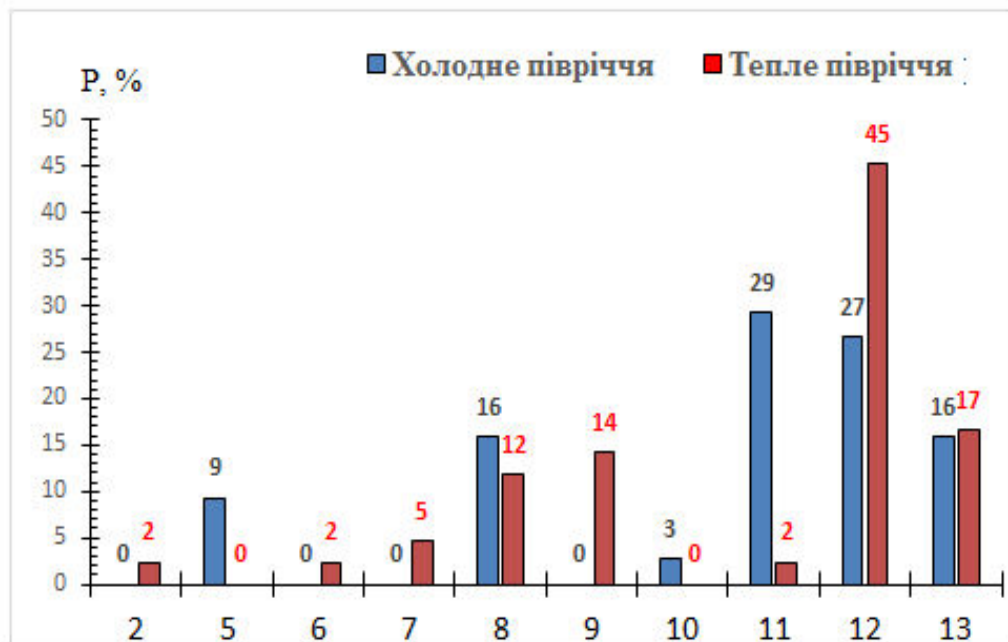


Рис. 3.6. Повторюваність (%) типів ЕЦМ за наявністю СТНР
над Одесою (2011-2015 рр.)

Таблиця 3.6 – Кількість випадків СТНР та їх середня інтенсивність (м/с)
в залежності від типів синоптичних процесів та ЕЦМ
над Одесою у 2011-2015 рр.

Типи синоптич. процесів	Типи ЕЦМ Північної півкулі по Б.Л. Дзердзєєвському									
	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13
холодне півріччя										
3 Анти- циклонічна циркуляція		1 21			1 26					1 16
5 Периферійні процеси з проходженням фронтів		1 20			4 19		2 17	10 21	4 20	5 18
6 Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами		5 22			7 21		12 20		16 20	6 21
тепле півріччя										
3 Анти- циклонічна циркуляція						1 17		1 16	1 17	
5 Периферійні процеси з проходженням фронтів	1 16		1 17	2 18	3 21	2 22			10 18	3 17
6 Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами					2 24	3 17			8 22	4 20

Як видно з рис. 3.5, у холодне півріччя низькі струмені переважно утворювалися при типах ЕЦМ-11 та ЕЦМ-12, тобто при блокуючих процесах з проривами південних циклонів або арктичними вторгненнями (переважно ЕЦМ11в та ЕЦМ-12а, 19 та 20 % відповідно). Майже половина СТНР (45 %)

теплого півріччя формувалися під впливом типу 12, а саме ЕЦМ-12а, ЕЦМ-12г та ЕЦМ-12бл (14, 12 та 14 %).

Аналіз табл. 3.6 виявив, що за наявності СТНР у холодне півріччя тип 5 переважно утворювався під впливом ЕЦМ-11, 12 та 5 (по 20-21 випадку), але також значна кількість струменів формувалися при ЕЦМ-8, 10 та 13.

Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами (тип 6), виникала під впливом ЕЦМ-5, 8, 10, 12 та 13, з незначною перевагою ЕЦМ-5, тобто при північному блокуючому процесі над Східним Сибіром.

Отже, у холодне півріччя 68 СТНР (91 %) формувалися під впливом меридіональних процесів (ЕЦМ 8-12), а найбільш інтенсивні СТНР виникали при ЕЦМ-8.

Тепле півріччя характеризувалося утворенням низьких струменів при типі 5 під впливом ЕЦМ-2, 6-9, 12 і 13, а тип 6 формувався при ЕЦМ-8, 9, 12 і 13. Отже, циклонічна циркуляція з великими градієнтами тиску утворювалася виключно при меридіональних процесах, а периферійні процеси з атмосферними фронтами лише 2 рази формувалися під впливом зональних процесів. Найбільш інтенсивні СТНР теплого півріччя виявилися при типі 6 та ЕЦМ-8.

Таким чином, низькі течії на півднем України переважно утворювалися у 2011-2015 рр. при меридіональних процесах з великими баричними градієнтами незалежно від пори року.

3.3 Аналіз формування небезпечних погодних умов над півднем України та виникнення низьких течій

Оскільки наявність низькотропосферного струменю часто супроводжуються різними небезпечними та стихійними погодними явищами над Україною [2, 7, 11, 13, 20] та іншими регіонами Землі [14-16, 23, 24, 30, 33, 35] та кількість складних погодних умов зростає [22], тому в магістерській роботі проаналізований взаємозв'язок низьких струменів та погодних умов.

В табл. 3.7 представлений розподіл явищ погоди та за їх відсутністю тип хмарності на ст. Одеса-ГМО для холодного та теплого півріччя при наявності низької течії над пунктом дослідження, а для наочності побудований рис. 3.7.

Таблиця 3.7 – Розподіл погодних умов за наявності СТНР та у наступну добу на ст. Одеса-ГМО у 2011-2015 рр.

Півріччя	Погодні умови за наявності СТНР								
	Гроза	Злива	Зливовий сніг	Дощ	Сніг	Туман	Серпанок	Шаруваті хмари	Ясно
Р, к.в.									
холодне	0	15	12	4	2	0	8	16	18
тепле	4	15	0	0	0	0	3	7	13
Р, %									
холодне	0	20	16	5	3	0	11	21	24
тепле	10	36	0	0	0	0	7	17	31

Півріччя	Погодні умови наступної доби								
	Гроза	Злива	Зливовий сніг	Дощ	Сніг	Туман	Серпанок	Шаруваті хмари	Ясно
Р, к.в.									
холодне	0	19	10	4	3	1	11	17	10
тепле	4	16	0	0	0	0	3	5	14
Р, %									
холодне	0	25	13	5	4	1	15	23	13
тепле	10	38	0	0	0	0	7	12	33

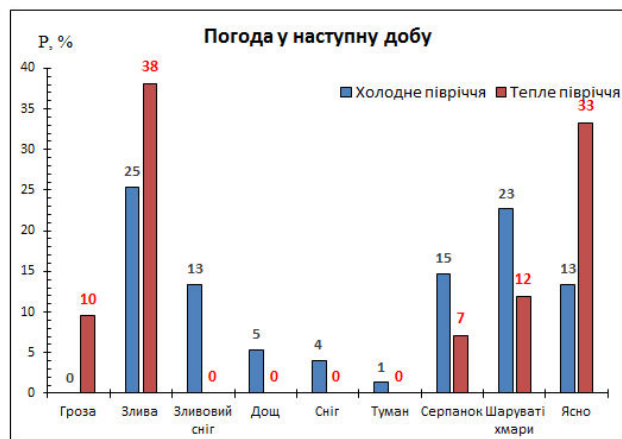
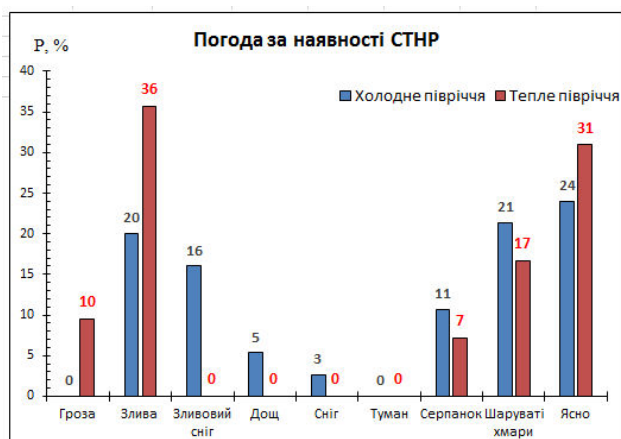


Рис. 3.7. Погодні умови за наявності СТНР та у наступну добу на ст. Одеса-ГМО у 2011-2015 рр

Як видно на рис. 3.7, майже половина струминних течій нижніх не супроводжувалася погодними явищами: 45 та 48 % низьких течій у холодне та

тепле півріччя, а третина СТНР теплого півріччя спостерігалася при ясному небі, дещо менше – у холодному півріччя: 31 та 24 %, відповідно. Але інша половина СТНР виявлялася при опадах (45 та 46 % у холодне та тепле півріччя), причому 10 % низьких теплих течій утворювалися підчас або за один-два строки до грози. Решта СТНР приходилася на серпанок, тобто супроводжували погіршення видимості.

Наступна доба не виявила суттєвих відмінностей від попередньої, за винятком зменшення частки ясної погоди та збільшення зливових опадів у холодне півріччя.

Однак, аналізуючи, аеросиноптичні умови утворення небезпечних погодних явищ практично завжди виявляється низька струминна течія на висотах.

Як показав аналіз вертикального розподілу (рис. 4.4) швидкості вітру, напередодні його посилення більш ніж 15 м/с біля поверхні землі, у 00 UTC на висотах переважно у вигляді струминної течії нижніх рівнів.

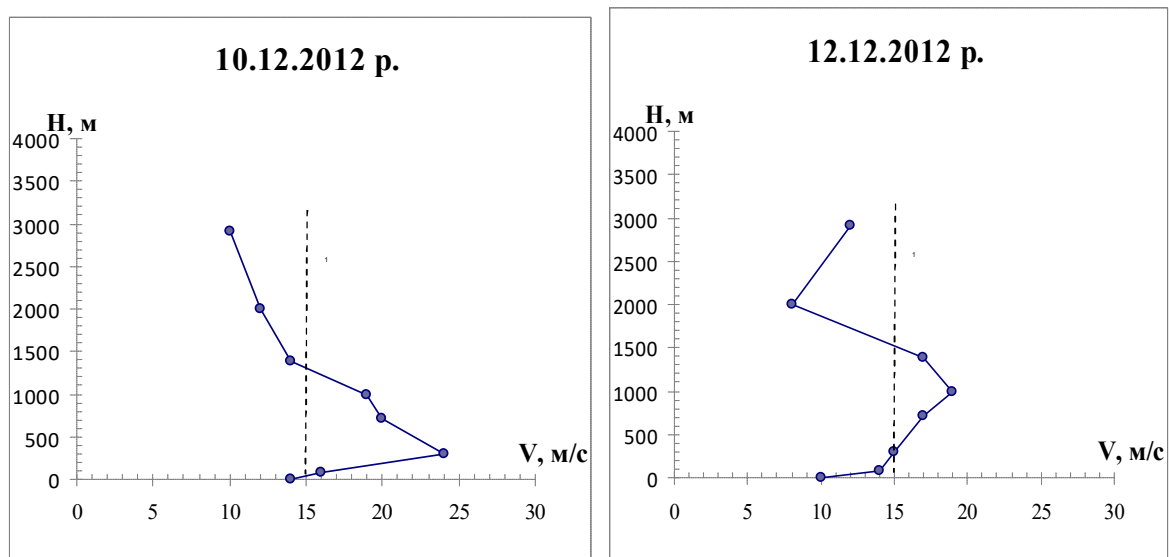


Рис. 3.8. Вертикальні профілі вітру над ст. Одеса-ГМО при сильному вітрі біля поверхні землі

Наприклад, стихійний вітер і Одесі та області з 25-27 червня 2011 р., який досягнув 15 м/с, а пориви становили 20-25 м/с, утворився під впливом збільшенням баричного градієнту у перехідній зоні між гребенем антициклона над Центральною Європою та циклоном з центром над Кримським

півостровом з проходженням холодного фронту. Впродовж всього періоду посилення вітру виявлялося за допомогою ресурсу [45] низька течія на рівнях 925 і 850 гПа з інтенсивністю до 25 м/с (рис. 3.9).

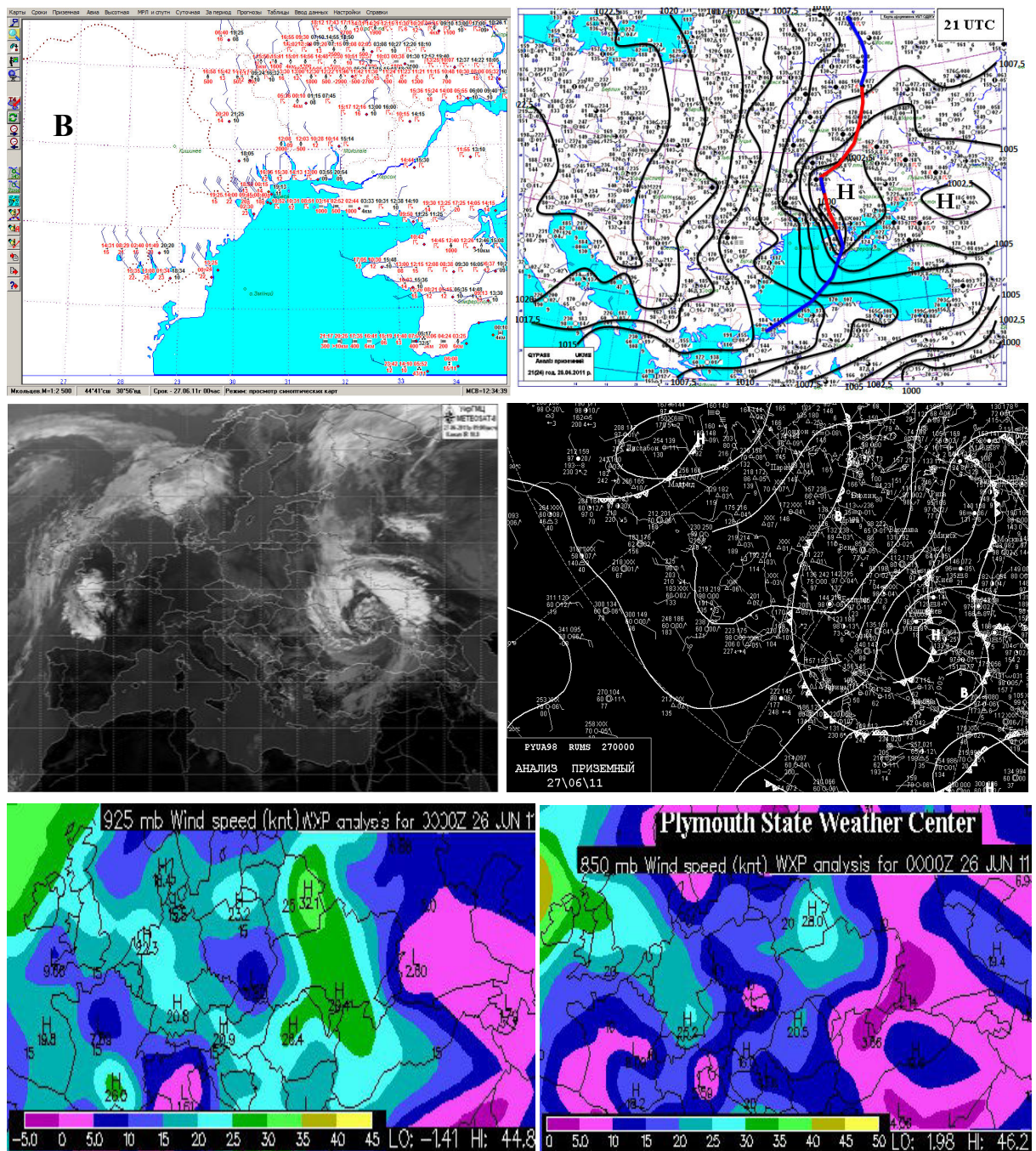


Рис. 3.9. Карта штормових оповіщень за, кільцева карта погоди, супутниковий знімок, приземний аналіз та карти швидкості вітру на рівнях 925 і 850 гПа за 26 та 27 червня 2011 р.

Інший подібний випадок навала стихії на Одесу відбувся 31 травня 2013 р. та супроводжувався людськими втратами через сильні пориви вітру більше 30 м/с та падіння дерев. Погодні умови в цей день також визначалися перехідною зоною з великими баричними градієнтами та проходженням фронту оклюзії, перед яким утворилася низька течія (рис. 3.10)

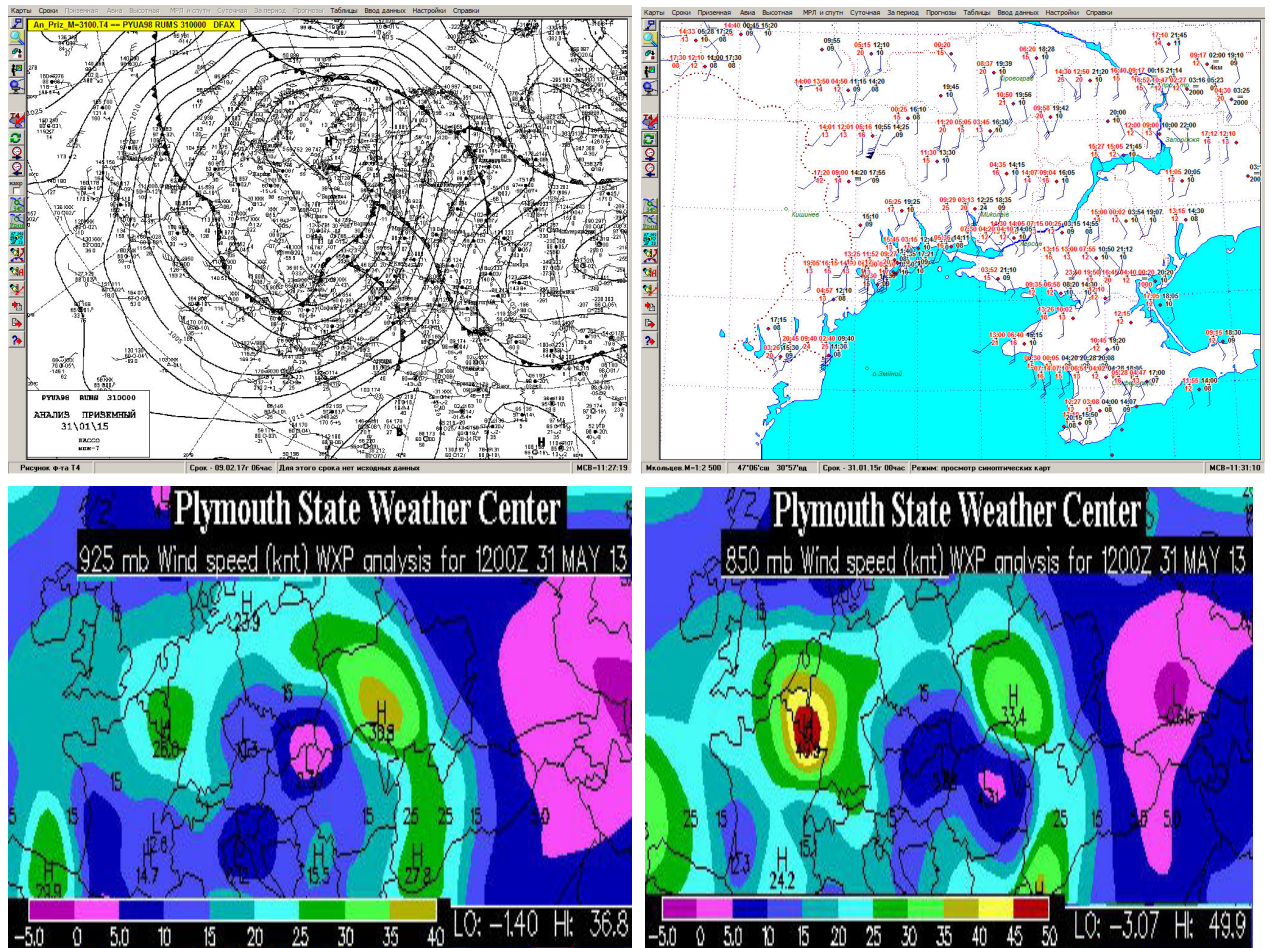


Рис. 3.10. Карта штормових оповіщень за, приземний аналіз та карти швидкості вітру на рівнях 925 і 850 гПа за 31 травня 2013 р.

Таким чином, більшість струминних течій низьких рівнів не призводили до різкого погіршення погодних умов, але вони переважно формувалися при меридіональних процесах з великими баричними градієнтами, при яких саме виникали небезпечні та стихійні явища над півднем України.

ВИСНОВКИ

1. Протягом періоду 2011-2015 рр. над Одесою було виконано 2139 радіозондувань, тобто здійснено лише 67 % від нормативної кількості аерологічних спостережень.

2. Протягом періоду дослідження виявлено 117 СТНР, тобто загальна їх повторюваність над Одесою становила 8 %, що не відрізнялося від її значення у 1975-1995 рр., але менш ніж у 2001-2010 рр. Формування низьких течій у 2011-2015 рр. характеризувалося перевагою навесні та взимку – 68 %.

3. На фоні збереження активності формування низькі струмені у середньому стали менш інтенсивними, але більш високими та більш потужними. Починаючи з 2001 р. спостерігалось зростання інтенсивності СТНР незалежно від сезону при збільшенні її потужності в холодне півріччя та відсутності суттєвих змін висоти осі струменя.

4. Над Одесою переважно виявлялися північно-західні та північні низькі струмені в холодне та тепле півріччя. Низькі течії переважно (76 %) утворювалися при слабкому приземному вітрі, та більшість з них (62 %) спостерігалася у тепле півріччя.

5. Над півднем України протягом року СТНР переважно утворювалися при відсутності затримуючих шарів (43 %), а у холодне півріччя їх частка була ще більш значною - 47 %, тобто майже половина СТНР. Також значною виявилася частка приземний інверсій (від 19 до 22 %),

6. В 2011-2015 рр. СТНР переважно утворювалися (66%) під впливом циклонічної циркуляції, та незалежно від сезону найчастіше вони формувалися в улоговині (25 %), у гребені антициклону та тилу циклону – 18 та 19 %.

7. Переважно низькі струмені формувалися при типах синоптичних процесах 5 та 6 та меридіональних ЕЦМ 8-12.

8. Більшість струминних течій низьких рівнів не призводили до різкого погіршення погодних умов, але вони переважно формувалися при меридіональних процесах з великими баричними градієнтами, при яких саме виникали небезпечні та стихійні явища над півднем України.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вініченко О.А., Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Струминні течії нижніх рівнів півдня України у тепле півріччя // Матеріали наукової студентської конференції ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2015. – С. 228-230.
2. Волеваха В.А., Бабенко В.И., Ганюгина Н.Ф. О состоянии нижней тропосферы во время сильных бурь на Украине // Труды УкрНИГМИ. – 1977. - Вып. 160. - С.47-58.
3. Воронцов П.А. Струйные течения пограничного слоя атмосферы // Труды ГГО. – 1966. - Вып. 205. – С. 77–92.
4. Івус Г.П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди. Навч. посібник. – Одеса: Екологія, 2007. – 328 с.
5. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди: підручн. – Одеса: ТЕС, 2012. – 407 с.
6. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Осінні низькі струмені над Північно-Західним Причорномор'ям // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – Вип. 12. - С. 131-141.
7. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Смерчи и струйные течения низких уровней (обзор литературных источников) // Культура народов Причерноморья. – 2006. - № 73. - С. 156-158.
8. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б., Агайар Е.В., Дмитренко А.П., Сухов О.О. Характеристика вітрових аномалій над Україною у тепле півріччя // ScienceRise. - 2016. - Том 7. - №1 (24). – С.11-15. <http://journals.uran.ua/sciencerrise/article/view/73912>.
9. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б., Агайар Е.В. До проблеми типізації синоптичних процесів над півднем України у сучасних умовах – Причорноморський екологічний бюлетень – 2009. – №. 3 (32) – С. 25-33.
10. Івус Г.П., Хоменко Г.В., Семергей-Чумаченко А.Б., Агайар Э.В., Гурская Л.М., Ковальков И.А., Зубкович С. А. Типизация синоптических процессов над территорией Украины в эпоху глобальных климатических изменений //Журнал "Сложные системы", 2016 <http://atmospheric-circulation.ru/wp-content/uploads/2015/12/Zubkovich.pdf>.

11. Івус Г.П., Агайар Е.В., Гурська Л.М., Семергей-Чумаченко А.Б. Циркуляційні умови виникнення сильного та стихійного вітру над південним заходом України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. - № 17 – С. 38-48.
12. Клімат України. - К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
13. Логвинов К.Т., Раевский А.Н., Айзенберг М.М. Опасные гидрометеорологические явления в Украинских Карпатах - Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 200 с.
14. Ляхов М.Е. Нижние струйные течения как важный фактор в развитии физико-географических процессов // Изв. АН СССР. Сер. Геофизика. – 1961. - №2. - С. 334-336.
15. Мастерских М.А. О причинах возникновения мезоструй и расчете скорости ветра на их осях в узких зонах теплых фронтов // Метеорология и гидрология. – 1983. - № 2. - С. 19-24.
16. Матковский Б.М. Комплексный анализ мезомасштабного строения холодного фронта в нижней части атмосферы // Труды ИЭМ. – 1984. – Вып. 33 (108). С. 55–63.
17. Новожилов Н.И. Тропосферные мезоструи // Изв. АН СССР Сер. Геофиз. - №2, 1961. – С. 334-336.
18. Новожилов Н.И. О мезоструях пограничного слоя атмосферы // Метеорология и гидрология. - 1973. - № 5. – С. 105–110.
19. Пономаренко В.В., Семергей-Чумаченко А.Б. Річна динаміка формування низькотропосферних течій над Одесою в 2001-2010 рр. // Матеріали міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення». ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2014. – С. 197-198.
20. Прох Л.З., Филатов В.Г., Вайсблат И.Б. Некоторые результаты аэрологических измерений в Украинских Карпатах // Труды УкрНИГМИ. - 1969. - Вып. 83.– С. 65–84.
21. Пруднікова Г.О. Синоптичні умови формування та структура низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр. / Пруднікова Г.О., Семергей-Чумаченко А.Б. // матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса. – ТЕС. – 2016. – С. 172.

22. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 pp.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М.Бабіченко. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 312 с.
23. Шакина Н.П. Динамика атмосферных фронтов и циклонов. - Л.:Гидрометеиздат, 1985. - 264 с.
24. Anderson C.J., Raymond W.A. Mesoscale convective complexes and persistent elongated convective systems over the United States during 1992 and 1993 // Mon. Weather Review. – 1998. - Vol. 126, № 3. - P. 578–599.
25. Anyamba E.K., Kiangi D.M.R. Mean motion field in east Africa at the level core // Arch. Meteorol. Geophys. and Bioclimatol. – 1985. - B. 36. – P. 29–41.
26. Balasubramanian G., Garner S. T. The equilibration of short baroclinic waves // J. Atm. Sci. – 1997. - Vol. 54, №. 24. - P. 2850–2871.
27. Beel R.G., Bates F.C. Mechanism for assisting in the release of convective instability // Mon. Weather Review. – 1955. - Vol. 83, № 1. - P. 136–145.
28. Blackadar A.K. A survey of wind characteristics below 1500 ft // Meteorol. Monogr. – 1960. - № 4. - P. 3–11.
29. Bonner W.D. Climatology of the low-level jet // Mon. Weather. Rew. – 1968. - Vol. 96, № 12. - P. 833-850.
30. Browning K.A., Pardoe C.W. Structure of low level jet stream ahead of mid altitude cold fronts // Quart. J. Roy. Met. Soc. – 1973. – Vol. 99. – P. 619–638.
31. Clark R.D, McDermott M.L. The dynamic forcing of the Great Plains low level jet // The 13th Symposium on Boundary Layers and Turbulence. - 10–15 Jan 1999. – P. 97–98.
32. Dombrowsky R. Operational use of wind profiler data in United States weather forecasting.-
[http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Upper-Air/RemoteSensing/Doc.4.1\(1\)_Profilers.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/Upper-Air/RemoteSensing/Doc.4.1(1)_Profilers.pdf).
33. Doyle J.D. The influence of mesoscale orography on a coastal jet and rainband // Mon. Weather Review. – 1997. - Vol. 125, № 7. - P. 1465–1488.

34. Garreaud R.D., Muñoz R.C. the low-level jet off the west coast of subtropical South America. Structure and variability // J. Atm. Sci. – 2005. - Vol. 133. - P. 2246-2261.
35. Squitieri B.J. WRF forecast skill of the Great Plains low level jet and its correlation to forecast skill of mesoscale convective system precipitation. – Iowa State University. Digital Repository, 2014. – 96 P. <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5303&context=etd>.
36. Thorpe A.J., Guimer T.V. The nocturnal jet // Quart. J. R. Met. Soc. – 1977. – Vol. 103. – P. 633-673.
37. Tuononen m., Sinclair V.A., Vihma T. A Climatology of low-level jet in the mid-latitudes and polar regions of the Northern Hemisphere // Journal of the Royal Meteorological Society. – 2015. - Vol. 16. - No. 4. – P. 492-499. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asl.587/full>.
38. Wang Y., Klipp C.L., Garvey D.M., Ligon D.A., Williamson C.C., Chang S.S., Newsom R.K., Calhoun R. Nocturnal low-level-jet-dominated atmospheric boundary layer observed by a Doppler Lidar over Oklahoma city during JU2003 // J. App. Met. – 2007. – Vol. 46 (12). – P. 2098-2109.
39. Werth D., Kurzeja R., Dias N., Zhang G., Duarte H., Fischer M., Parker M., Leclerc M. The Simulation of the Southern Great Plains Nocturnal Boundary Layer and the Low-Level Jet with a High-Resolution Mesoscale Atmospheric Model // Journal of Applied Meteorology and Climatology. – 2011. - Vol. 50. - No. 7. – P. 1497-1513.
40. Whiteman C.D., Bian X., Zhong S. Low-level jet climatology from enhanced rawinsonde observations at a Site in the southern Great Plains // J. App. Met. – 1997. - Vol. 36, № 10. - P. 1363–1376.
41. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/programs/caljet/1998>.
42. http://www.mesonet.ttu.edu/cases/LLJ_101909/20091019.html.
43. http://minnesota.publicradio.org/collections/special/columns/updraft/archive/2011/06/steamy_friday_first_90_low_lev.shtml?refid=0.
44. http://rp5.ua/Погода_в_Одессе_Украина.
45. <http://vortex.plymouth.edu/myo/upa/pltmap-a.html>.
46. <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.
47. <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsraeur.html>.
48. <http://atmospheric-circulation.ru>

Додаток А

кафедри метеорології та кліматології
на магістерську роботу студентки гр. ММ-61С
факультету магістерської та аспірантської підготовки ОДЕКУ

Пруднікової Ганни Олегівни

Тема магістерської роботи: «Взаємозв'язок низькотропосферних течій над
півднем України з небезпечними погодними явищами»

Кваліфікаційна магістерська робота виконана в рамках науково-дослідних робіт «Розробка та вдосконалення методів прогнозу метеорологічних умов забруднення атмосфери над промисловими районами Одеси» (2013-2017 рр., ДР № 0113U0078811) та «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532).

Завідуючий кафедрою
метеорології та кліматології

проф. Івус Г.П.

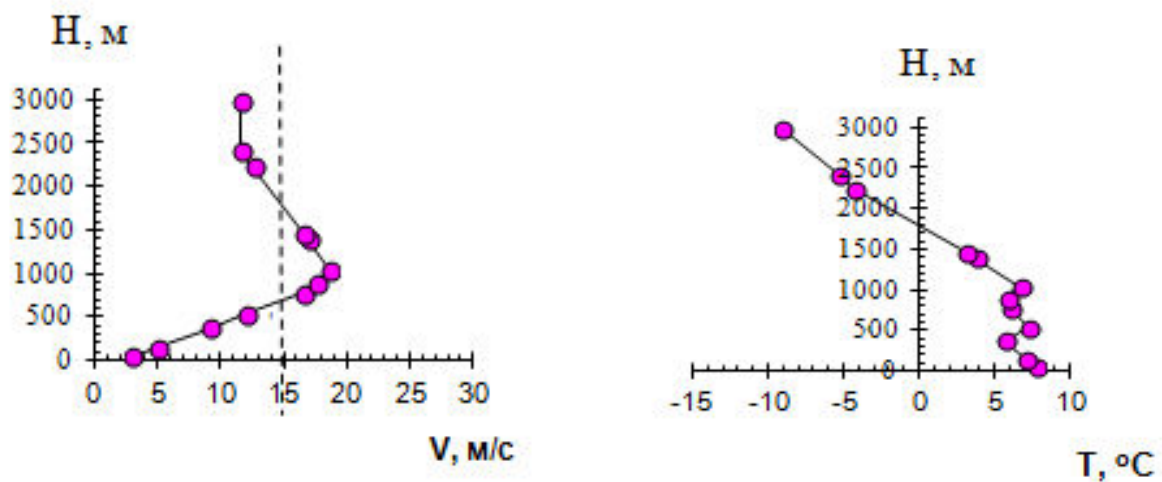
Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми наукових робіт, автор, керівник роботи)	Кількість кредитів
Університетські конференції, семінари, гуртки (інші):	
Студентська наукова конференція 9 квітня 2015 р. Тема доповіді: «Низькотропосферні струмені над Одесою з 2011 по 2014 рр.»	0,25
Конференція молодих вчених ОДЕКУ – 28 квітня 2016 р., м. Одеса. Тема доповіді: «Синоптичні умови формування та структура низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр.»	0,25
Конкурс студентських наукових робіт з гідрометеорології:	
2015 р. – «Особливості формування низько тропосферних течій над Одесою у 2011-2014 рр.»	0,25
2016 р. – «Низькі течії над Одесою у 2011-2015 роках»	0,25
Опубліковані тези конференцій:	
Пруднікова Г.О. Синоптичні умови формування та структура низьких течій над Одесою у 2011-2015 рр. / Пруднікова Г.О., Семергей-Чумаченко А.Б. // матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. – Одеса. – ТЕС. – 2016. – С.172.	0,25
Всього	1,25

Додаток Б

Структурні параметри та вертикальні профілі швидкості вітру та температури за наявності СТНР над Одесою в 2011-2015 рр.

14.01.2015



5.02.2015

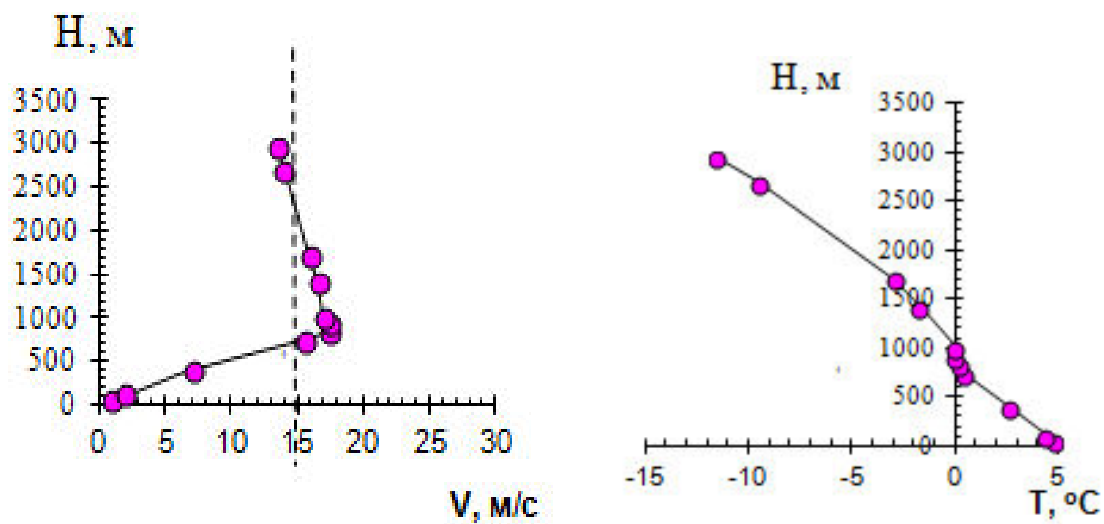
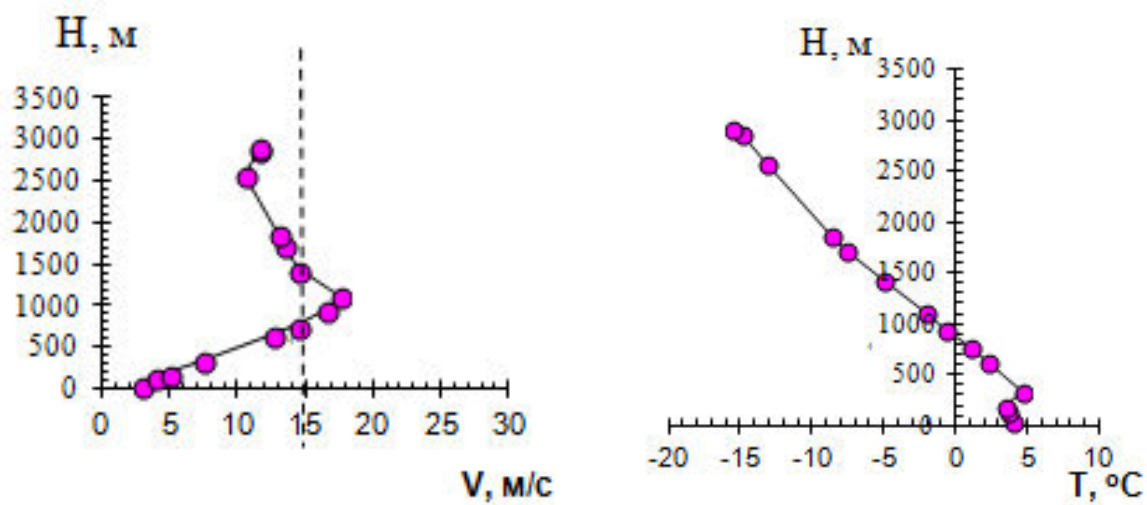
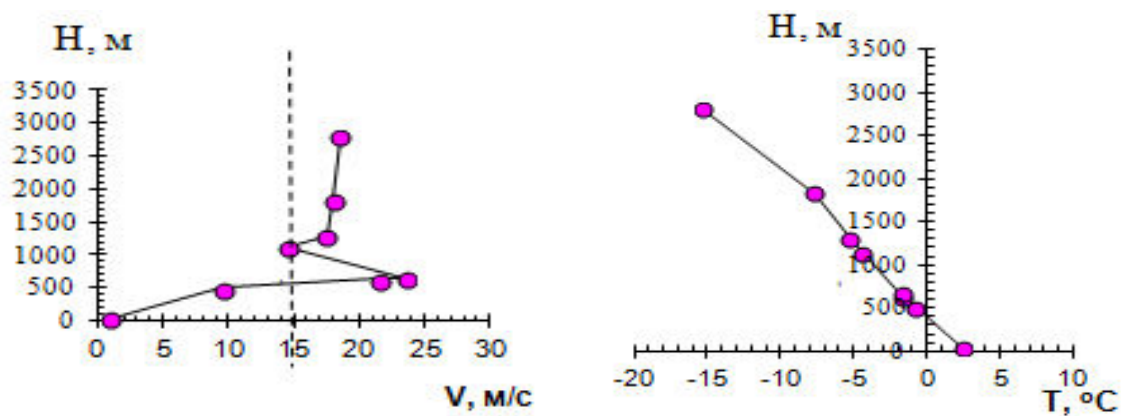


Рис. Б.1. Вертикальний розподіл швидкості вітру та температури за наявності СТНР взимку 2015 р.

4.03.2015



4.04.2015



7.04.2015

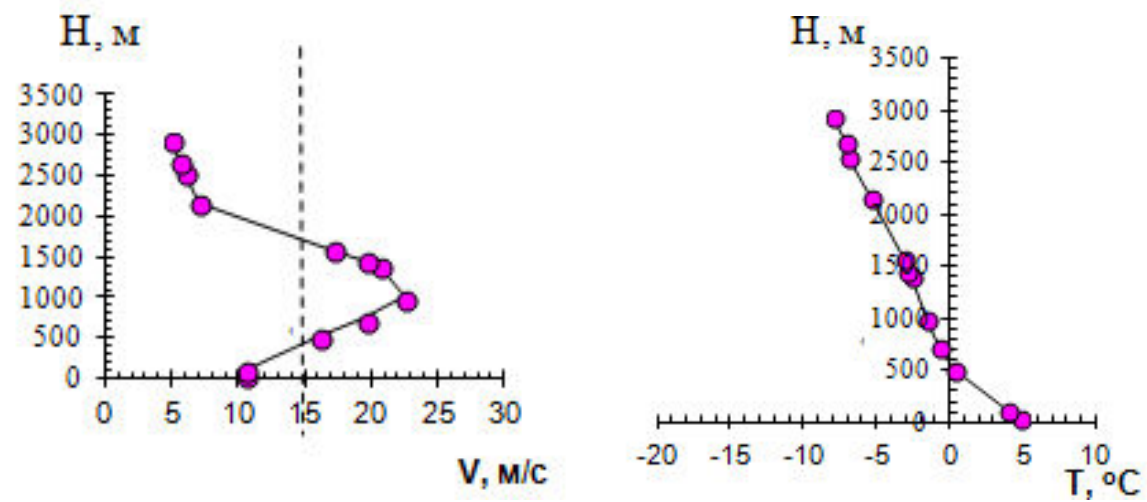
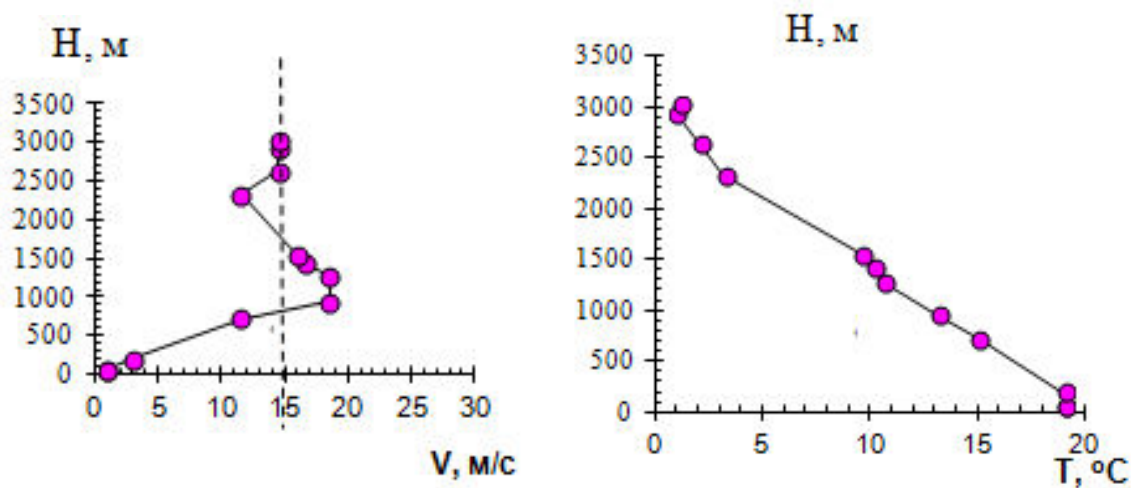
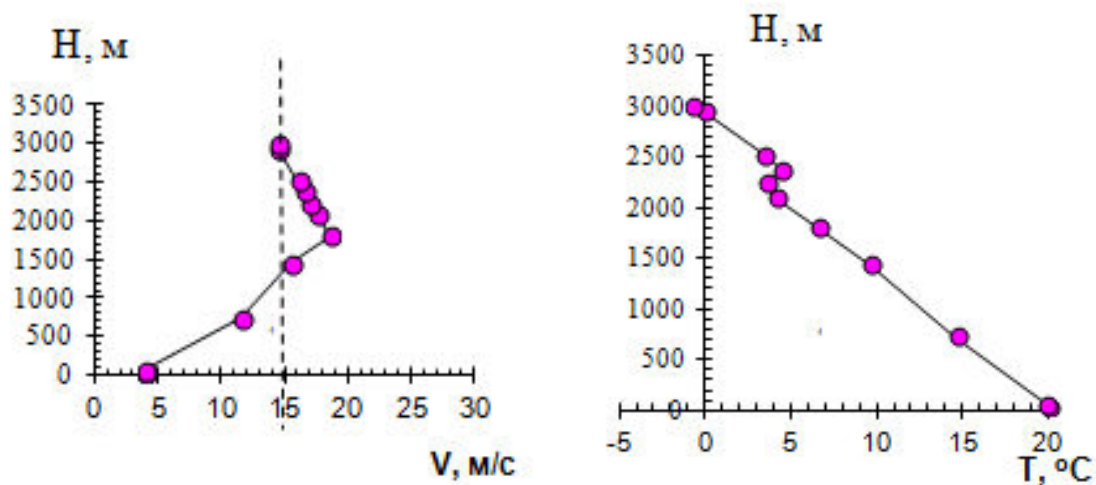


Рис. Б.2. Вертикальний розподіл швидкості вітру та температури за наявності навесні СТНР 2015 р.

27.06.2015



28.06.2015



29.06.2015

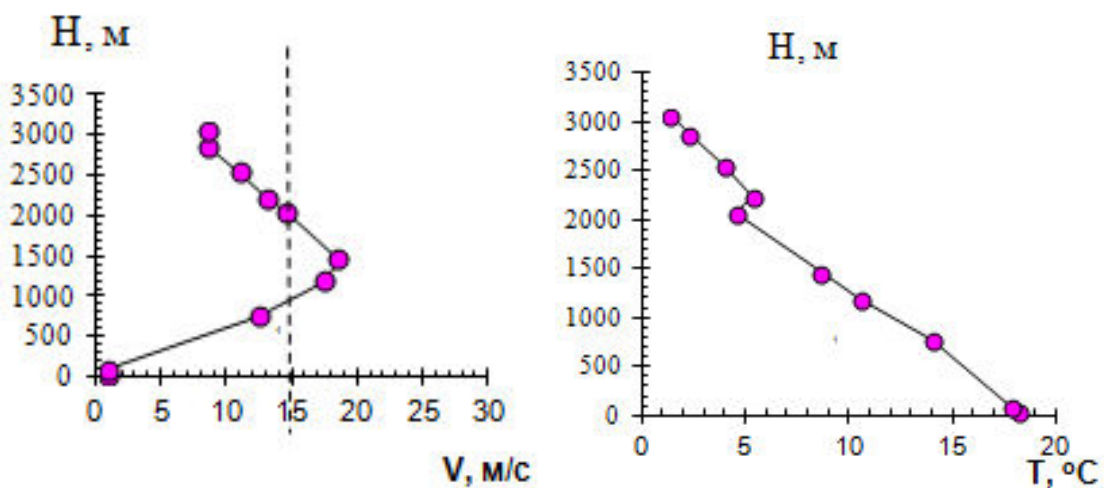


Рис. Б.3. Вертикальний розподіл швидкості вітру та температури за наявності СТНР влітку 2015 р.

Таблиця Б.1 – Забезпеченість вихідною аерологічною інформацією на ст.Одеса-ГМО та повторюваність наявності швидкості більш ніж $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ та низьких течій у 2011-2015 рр.

Місяці	число РЗ		число $V > 15 \text{ м/с}$		СТНР	
	к.в	%	к.в	%	к.в	%
2011						
I	27	87	0	0	0	0
II	27	96	6	22	2	7
III	26	84	3	12	2	8
IV	15	50	1	7	1	7
V	19	61	0	0	0	0
VI	27	90	2	7	1	4
VII	28	90	0	0	0	0
VIII	27	87	2	7	2	7
IX	18	60	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0
XI	13	43	2	15	2	15
XII	19	61	2	11	1	5
I-XII	246	67	18	7	11	4
2012						
I	15	48	0	0	0	0
II	15	52	2	13	2	13
III	24	77	4	17	4	17
IV	28	93	4	14	4	14
V	29	94	3	10	3	10
VI	20	67	1	5	1	5
VII	4	13	0	0	0	0
VIII	23	74	2	9	2	9
IX	16	53	0	0	0	0
X	13	42	0	0	0	0
XI	23	77	2	9	0	0
XII	16	52	1	6	1	6
I-XII	226	62	19	8	17	8

Продовження таблиці Б.1

Місяці	число РЗ		число V>15м/с		СТНР	
	к.в	%	к.в	%	к.в	%
2013						
I	21	68	2	10	2	10
II	19	68	1	5	1	5
III	28	90	3	11	2	7
IV	25	83	3	12	2	8
V	29	94	3	10	2	7
VI	18	60	1	6	1	6
VII	15	48	0	0	0	0
VIII	28	90	0	0	0	0
IX	25	83	3	12	3	12
X	17	55	2	12	2	0
XI	22	73	2	9	2	9
XII	0	0	0	0	0	0
I-XII	247	68	20	8	17	7
2014						
I	22	71	8	36	6	27
II	5	96	6	120	2	40
III	11	84	3	27	2	18
IV	26	87	5	19	2	8
V	0	0	0	0	0	0
VI	27	90	2	7	1	4
VII	28	90	0	0	0	0
VIII	27	87	2	7	2	7
IX	18	60	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0
XI	13	43	2	15	2	15
XII	19	61	2	11	1	5
I-XII	196	67	30	15	18	9

Продовження таблиці Б.1

Місяці	число РЗ		число V>15м/с		СТНР	
	к.в	%	к.в	%	к.в	%
2015						
I	29	93	6	19	4	13
II	18	64	5	17	2	7
III	30	97	4	13	3	10
IV	29	97	8	27	5	17
V	15	48	0	0	0	0
VI	17	57	4	13	4	13
VII	28	90	3	10	1	3
VIII	29	94	2	7	1	3
IX	30	100	2	7	1	3
X	25	81	1	3	0	0
XI	26	87	9	30	3	10
XII	30	97	11	35	5	16
I-XII	306	84	55	15	29	8
2011-2015						
I	114	74	18	16	13	11
II	84	60	23	27	14	17
III	119	77	25	21	21	18
IV	123	82	23	19	14	11
V	92	59	8	9	6	7
VI	109	70	11	10	9	8
VII	103	66	3	3	1	1
VIII	134	86	13	10	5	4
IX	107	69	7	7	7	7
X	55	35	8	15	4	7
XI	97	63	20	21	11	11
XII	84	54	22	26	12	14
I-XII	1221	67	181	15	92	8

Таблиця Б.2 – Структурні параметри СТНР над Одесою 2011-2015 рр.

Дата	Ннг, м	ΔН, м	Но, м	Vo, м/с	Нвг, м
1	2	3	4	5	6
січень					
11.01.2014	480	2400	1130	20	2875
13.01.2014	640	2280	2400	22	2900
14.01.2014	966	830	970	17	1800
24.01.2014	357	2480	985	30	2840
26.01.2014	639	2300	945	25	2940
27.01.2014	1075	1820	1535	24	2895
30.01.2014	2145	790	2940	21	2940
31.01.2014	2130	780	2795	25	2910
27.01.2013	990	150	990	15	1140
лютий					
05.02.2015	742	965	920	18	1710
11.02.2015	1416	1465	2400	21	2880
01.02.2014	850	135	850	18	985
03.02.2014	874	17	875	16	890
13.02.2014	536	2500	2875	18	3035
03.02.2013	700	650	1000	16	1350
05.02.2012	700	100	750	16	800
07.02.2012	450	2050	850	30	2500
06.02.2011	748	2230	870	23	2975
07.02.2011	1724	1210	2600	22	2930
09.02.2011	500	1400	600	22	1900
10.02.2011	750	750	1050	17	1500
13.02.2011	694	2090	2730	37	2785
14.02.2011	1398	1460	1600	22	2855
березень					
04.03.2015	950	180	1110	18	1110
18.03.2015	858	285	980	17	1145
23.03.2015	1869	675	2035	20	2545
08.03.2014	875	130	875	16	1010
10.03.2014	873	1260	1150	20	2135
11.03.2014	810	2230	1090	20	3035
12.03.2014	508	965	790	20	1475

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5	6
16.03.2014	635	1080	1812	19	1715
17.03.2014	610	2195	1593	26	2800
18.03.2014	1415	1540	1831	23	2950
21.03.2014	1875	340	2056	18	2220
07.03.2013	800	800	1450	17	1600
20.03.2013	480	620	650	18	1100
24.03.2013	190	2655	1345	25	2850
05.03.2012	100	200	150	17	300
15.03.2012	500	200	650	18	700
19.03.2012	500	150	600	17	650
26.03.2012	550	300	700	18	850
14.03.2011	550	450	930	20	1000
24.03.2011	800	500	1000	16	1300
25.03.2011	635	2365	2998	26	3000
квітень					
04.04.2015	630	2170	656	24	2800
07.04.2015	500	1080	1004	23	1585
08.04.2015	680	2195	996	29	2875
09.04.2015	655	150	654	22	800
04.04.2014	685	165	850	16	850
25.04.2014	145	400	413	25	545
01.04.2013	500	2500	499	20	3000
06.04.2013	700	400	950	18	1100
16.04.2013	750	2150	1500	19	2900
01.04.2012	1250	300	1250	24	2835
15.04.2012	150	250	200	18	400
16.04.2012	350	200	500	17	550
20.04.2012	500	150	550	17	650
16.04.2011	800	750	1350	24	1550
травень					
07.05.2013	500	1130	1466	17	1630
27.05.2013	700	900	1700	17	1600
31.05.2013	950	750	1050	17	1700
01.05.2012	150	50	180	16	200
14.05.2012	200	450	550	24	650

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5	6
26.05.2012	800	600	1300	17	1400
червень					
11.06.2015	800	28	825	17	825
27.06.2015	955	597	1280	19	1550
28.06.2015	1445	1077	1810	19	2520
29.06.2015	1200	870	1470	19	2070
08.06.2014	800	170	810	19	970
13.06.2013	600	1100	1500	17	1700
10.06.2012	400	100	450	16	500
26.06.2011	700	350	950	19	1050
27.06.2011	660	2291	835	31	2950
липень					
04.07.2015	1095	852	1390	18	1950
серпень					
16.08.2015	2430	482	2580	16	2910
09.08.2012	1300	700	1500	18	2000
29.08.2012	500	400	770	17	900
11.08.2011	850	200	950	16	1050
12.08.2011	750	200	850	16	950
вересень					
29.09.2015	555	275	555	16	830
05.09.2014	710	156	810	17	865
23.09.2014	1050	1935	2940	19	2985
24.09.2014	585	2332	870	25	2915
05.09.2013	800	700	900	17	1500
07.09.2013	800	300	900	17	1100
21.09.2013	800	700	900	17	1500
жовтень					
26.10.2014	695	2420	980	24	3115
27.10.2014	885	469	1045	18	1355
02.10.2013	700	900	1050	18	1600
03.10.2013	550	450	650	19	1000

Продовження таблиці Б.2

Дата	Ннг, м	ΔH , м	Но, м	Vo, м/с	Нвг, м
1	2	3	4	5	6
листопад					
11.11.2015	680	2295	1008	25	2980
19.11.2015	740	1450	985	17	2190
30.11.2015	690	725	839	16	1420
05.11.2014	940	320	942	16	1265
20.11.2014	900	580	1040	21	1480
06.11.2013	550	1700	1000	20	2250
29.11.2013	500	700	750	18	1200
06.11.2012	535	2480	1224	18	3020
30.11.2012	530	2725	680	27	3250
27.11.2011	900	200	1000	16	1100
29.11.2011	700	400	900	19	1100
грудень					
02.12.2015	925	1960	879	25	2885
14.12.2015	780	690	1057	19	1470
23.12.2015	720	2360	3078	29	3080
27.12.2015	720	2400	1414	18	3120
31.12.2015	1155	350	1153	16	1500
17.12.2014	405	390	495	17	795
22.12.2014	590	790	590	16	1380
30.12.2014	525	180	691	16	710
03.12.2012	1100	200	1270	19	1300
06.12.2011	695	340	895	19	1035
20.12.2011	800	350	900	20	1150
22.12.2011	1890	1040	2155	17	2930