

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «Сучасний вітровий режим Північно-Західного Причорномор'я»

Виконав студент 2 курсу групи МЗМ-19
спеціальності 103 – «Науки про Землю»
Ліхачов Андрій Дмитрович

Керівник к.геогр.н., доцент
Агайар Елліна Вікторівна

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

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

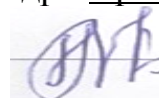
Спеціальність 103- «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Метеорологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Прокоф'єв О. М.



«26» жовтня 2020 року

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

Ліхачову Андрію Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Сучасний вітровий режим Північно-Західного

Причорномор'я

керівник роботи Агайар Елліна Вікторівна к. геогр. н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від №124-С від 16.10.2020 р

2. Строк подання студентом роботи 7 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Дані восьми-строкових метеорологічних спостережень на метеостанціях Одеса, АМСЦ-Одеса, Миколаїв, Херсон, Ізмаїл за період 2015-2019 рр. 2. Дани архіву NCEP / NCAR 3. Синоптичні карти з архіву пакету АРМСин 3.0. та Wetterzentrale 4. Дані Кліматичного кадастру України

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд сучасних літературних джерел за темою дослідження. 2. Аналіз повторюваності основних характеристик вітру на станціях Одеської, Херсонської та Миколаївської областей 3. Розрахунок статистичних характеристик вітрового режиму над досліджуваним регіоном. 4. Характеристика термодинамічного стану атмосфери в дні з сильним вітром. 5. Аналіз умов виникнення сильного вітру 22-24 лютого 2020 р.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 1.1-1.4 – Карти регіону дослідження; Рис. 1.5-1.10 – Типізація синоптичних процесів півдня України; Рис. 2.1-2.6 – Характеристики вітрового режиму Одеської, Херсонської та Миколаївської областей; Рис. 2.7-2.10 – Аналіз основних статистичних моментів розподілу швидкості вітру; Рис. 3.1-3.17 – Вертикальний розподіл температури і швидкості вітру та годограф вітру; Рис. 3.18-3.20 – Карти погоди за 22-24.02.2020р.

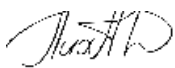
6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Вивчення літературних джерел за темою дослідження</i>	26.10.2020	95	відмінно
2	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	листопад 2020	95	відмінно
3	<i>Визначення особливостей вітрового режиму над Північно-Західним Причорномор'ям</i>	листопад 2020	95	відмінно
4	<i>Характеристика режиму та циркуляційних умов утворення сильного вітру на території Одеської, Херсонської та Миколаївської областей</i>	листопад 2020	95	відмінно
5	<i>Аналіз основних статистичних параметрів швидкості вітру</i>	листопад 2020	95	відмінно
6	<i>Визначення термодинамічного стану тропосфери у дні з сильним вітром за даними архіву реаналізу NCEP / NCAR</i>	листопад 2020	95	відмінно
7	<i>Рубіжна атестація</i>	17.11.2020	95	відмінно
8	<i>Аналіз синоптичних процесів та термодинамічного стану тропосфери 22-24 лютого 2020 р.</i>	18-24.2020		
9	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку.</i>	25.11.2020	95	відмінно
10	<i>Оформлення магістерської роботи.</i>	30.11.2020	95	відмінно
11	<i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.</i>	04.12.2020	95	відмінно
12	<i>Перевірка на плагіат, підписання авторського договору</i>	8-10.12.2020		
13	<i>Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2020		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	відмінно

Студент  Ліхачов А. Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Агайар Е. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Тема: «Вітровий режим Північно-Західного Причорномор'я»

Автор: Ліхачов Андрій Дмитрович

Актуальність: В теперішній час, одним з проявів сучасної еволюції клімату є видима зміна полів швидкості вітру. Питання формування поля вітру досить складне і однозначно не вирішено, тому має сенс повернутися до нього ще раз із залученням нової інформації по території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей.

Метою даної роботи є визначення режиму формування приземного вітру над досліджуваною територією у період 2015-2019 рр.; виявлення комплексу синоптичних та термодинамічних умов, які сприяли виникненню сильного вітру над регіоном.

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

- визначені зміни режиму приземного вітру над територією північно-західного узбережжя Чорного моря (на прикладі трьох областей - Одеської, Херсонської та Миколаївської) за період з 2015 по 2019 рр.;
- виявлені регіональні умови формування сильного вітру за доступний період спостережень.

Об'єкт дослідження – швидкість та напрямок вітру над Одеської, Херсонської та Миколаївської областями.

Предмет дослідження – характеристики режиму вітру над Північно-Західним Причорномор'ям.

Методи дослідження:

- просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації;
- синоптичний аналіз;
- статистичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для Північно-Західного Причорномор'я:

- створена власна база даних напрямку, середніх і максимальних швидкостей вітру, за період з 2015-2019рр., яка дозволяє у подальшому провести об'єктивне узагальнення.
- визначена динаміка режиму приземного вітру над територією Одеської, Миколаївської та Херсонської областями, та виявлені тенденції його зміни протягом періоду дослідження.
- виявлені умови формування сильного вітру за період 2015-2019 рр.

Практичне значення отриманих результатів. Врахування сучасних змін вітрового режиму та умов формування сильного вітру сприятиме вдосконаленню прогнозу погоди.

Магістерська робота в обсязі 64 сторінки складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 21 джерела, 3 додатків, містить 40 рисунків та 8 таблиць.

Ключові слова: вітер, швидкість, напрямок, годограф, роза вітрів, циркуляційні умови.

Abstract

Thesis Topic:: "Wind regime of the Northwestern Black Sea Coast"

Author: Likhachov Andrii Dmitrovich

Relevance: Nowadays, one of the manifestations of modern climate evolution is a visible change in wind speed fields. The issue of wind field formation is quite complex and unambiguously unresolved. Therefore, it makes sense to return to this topic once again with the involvement of new information on the territory of Odesa, Mykolaiv, and Kherson regions.

Aim of the Thesis: to determine the regime of surface wind formation over the study area in the period 2015-2019; to identify synoptic and thermodynamic conditions that contributed to the occurrence of strong winds over the region.

According to the stated goal, the following **tasks** have been solved:

- certain changes in the regime of the surface wind over the territory of Northwestern Black Sea coast (on the example of three regions - Odesa, Kherson, and Mykolaiv) for the periods of 1961-1990 and 2015-2019 are established;
- regional conditions for formation of the strong wind in the available observation period are revealed.

The object of the research is the speed and direction of the wind over Odesa, Kherson and Mykolaiv regions.

The subject of research - the characteristics of the wind regime over the Northwestern Black Sea coast.

Research methods:

- spatio-temporal generalization of meteorological information;
- synoptic analysis;
- statistical analysis.

Scientific Novelty of the Obtained Results

- In this thesis, for the *first time* for the territory of the Northwestern Black Sea Region:
- the own database of direction, average and maximum wind speeds for the period from 2015-2019 is created. This database allows for further objective generalization.
 - the dynamics of the surface wind regime over the territory of Odesa, Mykolaiv, and Kherson regions are determined, and the tendencies of its change during the research period are revealed.
 - conditions for the formation of strong winds for the period 2015-2019 are identified.

Practical Significance of the Obtained Results. Taking into account current of changes in the wind regime and the conditions of strong wind formation will help to improve the weather forecast.

The master's thesis in the volume of 64 the page consists of 3 sections, conclusions, a list of references 21 sources, 3 appendices, which contain 40 figures and 8 tables.

Keywords: wind, speed, direction, hodograph, the wind rose, circulation conditions.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Фізико-географічні і кліматичні території Південно-Західної України	9
1.1 Короткий фізико-географічний опис території Одеської Миколаївської, та Херсонської областей	9
1.2 Загальні властивості синоптичних процесів в Україні	14
1.3 Режим атмосферної циркуляції досліджуваної території	15
2 Сучасний вітровий режим Одеської, Миколаївської та Херсонської областей	24
2.1 Багаторічна характеристика режиму швидкості вітру південного заходу України. 2015-2019 рр.	27
2.2 Зміни напрямку вітру	28
2.3 Розподіл швидкості вітру за градаціями над Північно-Західним Причорномор'ям	31
2.4 Статистичні характеристики вітрового режиму над регіоном	34
3 Умови формування сильного вітру над Північно-Західним Причорномор'ям 2015-2019 рр.	41
3.1 Повторюваність та циркуляційні умови утворення сильного вітру на території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей	41
3.2 Вертикальний розподіл температури, швидкості та напрямку вітру при сильному вітрі над досліджуваної територією	44
3.3 Синоптичні умови виникнення сильного вітру 22-24 лютого 2020 р.	53
Висновки	56
Перелік посилань	57
Додаток А	59
Додаток Б	61
Додаток В	63

ВСТУП

Вітровий режим є важливою характеристикою клімату території. Для формування приземного режиму вітру дуже велике значення мають місцеві чинники такі як шорсткість підстильної поверхні, орієнтація основних перепон вітрового переносу, місцева циркуляція та термічний режим. Тобто для комплексної характеристики вітру необхідний аналіз як атмосферних факторів, так і факторів інших компонентів географічної оболонки.

Актуальність проблеми визначається тим що вітер - одна з основних і мінливих характеристик стану атмосфери, яка значно впливає на умови життя і господарську діяльність [2,17]. В теперішній час, одним з проявів сучасної еволюції клімату є видима зміна полів швидкості вітру. Питання формування поля вітру досить складне і однозначно не вирішено, тому має сенс повернутися до нього ще раз із залученням нової інформації по території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей.

Метою цієї роботи є визначення режиму формування приземного вітру над досліджуваною територією у період 2015-2019 рр., виявлення комплексу синоптичних та термодинамічних умов, які сприяли виникненню сильного вітру над регіоном.

Основними джерелами інформації є восьми-строкові спостереження за швидкістю і напрямком вітру на метеорологічних станціях Одеса-ГМО, Одеса-АМСЦ, Дунайська ГМО (Ізмаїл), Херсон та Миколаїв з 2015 по 2019 роки у вигляді інтерактивної бази даних gr.5 [19], архів синоптичних карт АРМсин і бази даних Wetterzentrale[18] та дані архіву NCEP / NCAR Reanalysis 1 за цей період [21].

Об'єкт дослідження – швидкість та напрямок вітру над Південно-Західним Причорномор'ям.

Предмет дослідження – характеристики режиму вітру над Північно-Західним Причорномор'ям.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичний та статистичний аналіз

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

У вступі формується мета та завдання роботи.

Перший розділ присвячений загальній інформації про регіон дослідження та формування вітрового режиму та циркуляційних особливостей над Північно-Західним Причорномор'ям.

Другий розділ містить в собі інформацію про сучасні характеристики вітрового режиму над Одеської, Миколаївської та Херсонської областями у порівнянні з кліматичною нормою.

У третьому розділі вивчаються умови формування сильного вітру в регіоні.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 21 літературного джерела.

У додатках наведені допоміжні матеріали.

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к. геогр. н., доц. Агайар Е.В. у рамках науково-дослідних робіт «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532) та «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною», № ДР 0120U100487 (2020-2024 рр.).

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ І КЛІМАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИТОРІЇ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

1.1 Короткий фізико-географічний опис території Одеської Миколаївської, та Херсонської областей

Одеська, Миколаївська та Херсонська області розташовані на півдні України, в межах Причорноморської низовини. На півдні омиваються водами Чорного моря (рис. 1.1).

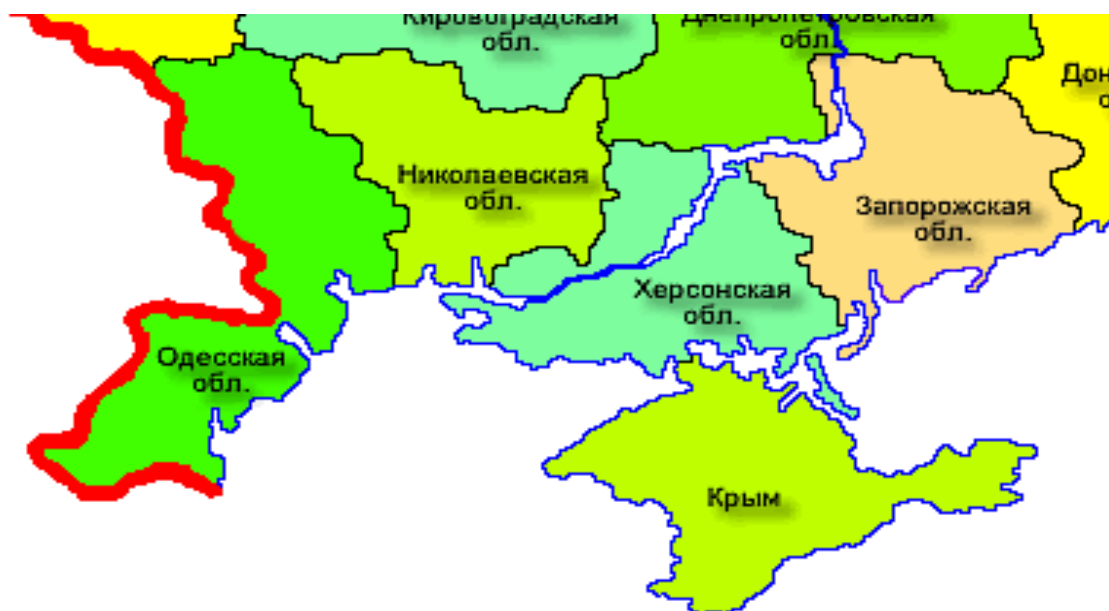


Рис. 1.1. Карта розташування території Одеської Миколаївської, та Херсонської областей [20]

Одеська область займає територію північно-західного Причорномор'я від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману (морське узбережжя в межах області простягається на 300 км), а від моря на північ - на 200-250 км. Територія Одещини дуже витягнена, з півночі на південь вона простяглася від 45° до 48° північної широти. Тому окремі її частини помітно відрізняються своїми природними умовами. Більша частина області лежить на Причорноморській низовині, на північ і північний захід Одещини заходять відроги Подільської височини. Поверхня здебільшого рівнинна, з нахилом з північного заходу на південний схід, до узбережжя Чорного моря. Рівнину

перетинають глибокі долини 7 річок, яри та балки, особливо в межах відрогів Подільської височини, де різниця між рівнем вододілів і долин становить пересічно 100 м. Чим далі на південь, тим менш хвилястий рельєф [15].

Північна частина області розташована у лісостеповій зоні України, середня і південна — у степовій. На території області налічують близько 200 річок довжиною понад 10 км. Головні річки: Дунай (з Кілійським гирлом), Дністер (з притокою Кучурган), Кодима і Савранка (притока Південного Бугу).

Клімат вологий, помірно континентальний. У цілому клімат сполучить риси континентального і морського. Зима м'яка, малосніжна і нестійка. Літо переважно спекотне, сухе. Взимку переважають північні і південно-західні вітри, влітку - північно-західні і північні. Південна половина області піддається впливу посухам, пиловим бурям, суховіям. Середня швидкість вітру по області становить взимку $4-6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; влітку – $2-4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Середня місячна швидкість вітру складає $4-5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Посилення вітру $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ характерне в холодний період року. На території області діє 11 метеостанцій: Любашівка, Затишшя, Сербка, Роздільна, Одеса, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Ізмаїл, Чорноморськ (Іллічівськ) (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Карта Одеської області [20]

Миколаївська область розташована на півдні країни в межах Причорноморської низовини в басейні нижньої течії річки Південний Буг. На заході межує з Одеською, на півночі з Кіровоградською, на сході та північному сході з Дніпропетровською та на південному сході з Херсонською областями. На півдні омивається водами Чорного моря, площа - 24,6 тис. км².

За особливістю природних умов Миколаївська область знаходиться в межах двох фізико-географічних зон – лісостепової (Кривоозерський і західна половина Первомайського району) і степової (решта території) в басейні нижньої течії ріки Південний Буг. Глибоко в суходіл вдаються Дніпровсько-Бузький, Березанський та Тилігульський лимани [8].

Головною рікою, що перетинає територію області з північного заходу на південний схід є Південний Буг (257 км) з притоками Інгул (179 км), Кодима (59 км) та інші. На сході області протікає приток Дніпра – Інгулець (рис.1.3).



Рис. 1.3. Карта Миколаївської області [20]

До території області належать острів Березань і Кінбурнська коса. Поверхня області являє собою рівнину, нахилену в південному напрямі, більша частина області лежить у межах Причорноморської низовини. На півночі простягаються Подільська височина (правобережжя Південного Бугу) та Придніпровська височина (лівобережжя Південного Бугу).

За особливостю природних умов територія області належить до степової зони. Клімат помірно-континентальний з м'якою малосніжною зимою і спекотним, вітряним, посушливим літом. Північна частина Миколаївської області належить до посушливої, дуже теплої, південна – до дуже посушливої, помірно жаркої з м'якою зимою.

З несприятливих кліматичних явищ на території області спостерігаються суховії (у теплий період року 15–20 днів), пилові бурі (від 5 на заході до 9 днів на сході), посухи (вересень-жовтень), град (4 дні).

На території області діє 6 метеостанцій: Первомайськ, Вознесенськ, Баштанка, Миколаїв, Березанка, Очаків. На території області діє 9 метеостанцій: Велика Олександрівка, Нижні Сірогози, Нова Каховка, Херсон, Асканія-Нова, Бехтери, Генічеськ, Хорли, Стрілкове.

Херсонська область розташована в Причорноморській низовині, в Таврійській посушливій степовій зоні півдні України. Її територія межує на заході з Запорізькою, на північному заході з Миколаївською, на півночі з Дніпропетровською областями, на південному сході з Автономною Республікою Крим; омивається Чорним і Азовськими морями (рис.1.4). Долиною Дніпра область поділяється на лівобережну та правобережну частини. Загальна довжина меж області – 800 км, у т.ч. понад 450 км морської берегової лінії. Водними об'єктами зайнято 15,1% території області, що у 3 рази перевищує відповідний середньо український показник (4,8%).

Херсонська область характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою малосніжною зимою та спекотним посушливим літом. Загальною кліматичною особливістю степових регіонів є велика кількість тепла і світла і недостача вологи. Основні риси такого клімату формуються під впливом загальних та місцевих кліматоутворюючих факторів, головними з яких є величина сонячної радіації, атмосферна циркуляція та характер підстильної поверхні.

Серед факторів, що характеризують підстильну поверхню, головними є незначна висота території області над рівнем океану, відсутність гір, розташування в безпосередній близькості до морів, формування в зв'язку з цим місцевих вітрів - бризів.

Вітровий режим обумовлюється атмосферою циркуляцією і характером підстильної поверхні. Навесні з послабленням циклонічної діяльності більший вплив мають місцеві умови –переважають вітри східного напрямку. Влітку

збільшується вплив азорського антициклону, на формування вітрового режиму впливають баричні утворення і фронти, що переміщаються з заходу, в результаті переважають західні, південно-західні і північно-західні вітри. Восени через ослаблення західного і посилення східного антициклону панують південно-східні вітри [8].

Середня швидкість вітру на Херсонщині складає 3-4 м·с⁻¹. Херсонська область середінших областей найбільше потерпає від суховіїв – середня повторюваність >15 днів (частіше зі східними вітрами). Весною в бездощові періоди можуть виникати пилові бурі (до 9-12 днів у рік). Для Херсонщини характерні бризи, причому денні (морські) бризи сильніші. Після полудня їх вертикальна потужність сягає 1 км. Бризи проникають на сушу до 30-40 км і дещо знижують температуру і підвищують вологість повітря. Менш потужними є нічні (берегові) бризи.



Рис. 1.4. Карта Херсонської області [20]

На території області діє 9 метеостанцій: Велика Олександрівка, Нижні Сірогози, Нова Каховка, Херсон, Асканія-Нова, Бехтери, Генічеськ, Хорли, Стрілкове.

1.2 Загальні властивості синоптичних процесів в Україні

Циркуляцію атмосфери зумовлює нерівномірне прогрівання земної поверхні, під дією сили Коріоліса формується зональна циркуляція, яка періодично змінюється на меридіональну. Циркуляція атмосфери, яка залежить від термічної різниці між материками та океанами має яскраво виражений сезонний характер.

На територію України часто переміщуються морські повітряні маси з північних районів Атлантики та арктичне повітря з арктичних морів. Однак найбільшу повторюваність має континентальне повітря, яке формується над великими рівнинами Євразії. За наявності малоградієнтних полів підвищеного тиску територія країни може служити осередком формування континентального повітря.

Аналіз циркуляції атмосфери за останні роки дозволив виділити деякі її характерні особливості в Україні:

- послаблення активності синоптичних процесів за рахунок між широтного тепло-тавлаглобміну;
- складність та різноманітність сезонних змін циркуляції атмосфери;
- послаблення циклонічної та посилення антициклонічної діяльності.

Синоптичний процес - це атмосферний макроциркуляційний процес, що зберігається протягом деякого часу і характеризується певною структурою термобаричного поля, що обумовлює не тільки переміщення та еволюцію баричних утворень, атмосферних фронтів і повітряних мас, а також температурно-вітровий режим і територіальний розподіл небезпечних і стихійних явищ [2].

Уявлення про інтенсивність синоптичних процесів дає повторюваність (5-15 %) розташування планетарної висотної фронтальної зони (ПВФЗ) над Україною. Зона максимальної повторюваності ПВФЗ розташовується на південь і північ від країни. У зв'язку з цим найчастіше циклони й антициклони переміщуються за межами України, що є характерною особливістю циркуляції атмосфери над її територією. У 40 % випадків спостерігається циркуляція західного напрямку зі швидким переміщенням баричних утворень на схід та північний схід. Найчастіше вона відмічається наприкінці літа та на початку

осені.

Найбільша ймовірність синоптичних процесів зі сходу (24,6 %), які характеризуються впливом антициклонів зі сходу та південного сходу, припадає на зиму, найменша – на літо.

Під час меридіональної циркуляції атмосфери відбувається інтенсивний міжширотний обмін повітря, повторюваність якого дорівнює 35,4 %. Найчастіше така циркуляція буває навесні та на початку літа.

Циклонічна діяльність розвивається на арктичній, полярній і рідко тропічній ділянках висотної фронтальної зони. Арктичні та помірні або помірні і тропічні повітряні маси спостерігаються у системах приземних циклонів, а під час особливо активних процесів відбувається взаємодія усіх перелічених повітряних мас. Циклони переміщуються на територію України з різних напрямів, окрім східного, а осередками місцевого циклогенезу є Українські Карпати та акваторія Чорного моря. Взимку циклони зміщуються в Україну ще не набувши максимального розвитку. Надалі вони поглиблюються і уповільнюють швидкість руху. В інші сезони року надходять циклони, які досягли стадії максимального розвитку, і швидкість переміщення їх зменшується. Упродовж всього року середній тиск у циклонах становить 1004-1005 гПа.

В процесі розповсюдження виступів або гребенів Азорського максимуму, влітку вплив антициклонів посилюється. В інші сезони року антициклони, досягнувши території України, послаблюються і починають руйнуватися. Середні значення атмосферного тиску в центрі антициклонів коливаються від 1033 гПа взимку до 1018 гПа влітку.

У середньому за рік циклонічна діяльність спостерігається 129-136 днів, антициклонічна – 229-242 днів. Максимальне число днів з антициклонічним характером погоди буває восени, мінімальне – взимку, а з циклонічним – максимальне – взимку і навесні [8].

1.3 Режим атмосферної циркуляції

Атмосферна циркуляція – загальна система великомасштабних повітряних течій над земною кулею. У тропосфері сюди відносяться пасати,

мусони, повітряні течії, пов'язані з циклонами і антициклонами, в стратосфері – переважно зональні (західні і східні) перенесення повітря з накладеними на них так званими довгими хвилями. Циркуляція атмосфери є найважливішим кліматоутворюючим процесом.

Існування циркуляції атмосфери обумовлено неоднорідним розподілом атмосферного тиску (наявністю баричного градієнту).

Температура, вологість, вітер, хмарність та інші метеорологічні елементи знаходяться в залежності від властивостей повітряних мас та від вертикальних рухів в атмосферних циркуляційних системах.

При вивченні ролі атмосферної циркуляції у формуванні клімату необхідно враховувати як великомасштабну циркуляцію, так і регіональні процеси, які безпосередньо впливають на клімат відносно невеликої території. Циклони помірних широт, які переміщуються з заходу і північного заходу, не чинять безпосередній вплив на південь України. Розвиток цих циклонів над Східною Європою супроводжується проходженням через південні райони улоговини або утворенням перехідної зони між циклонами і розташованими північніше областями високого тиску.

Через південь України над її центральною частиною переміщується тільки циклони, які утворюються в басейні Середземного і Чорного морів, а також невеликі циклони, які утворюються на холодних фронтах, що переміщуються з заходу та північного заходу [7, 16].

Особливості синоптичних процесів, які формуються на макроциркуляційному фоні півдня України, призводять у поєднанні з місцевими фізико-географічними умовами до встановлення вітрового режиму, в тому числі слабкого вітру, зведено до 6-х основних типів, які в свою чергу мають кілька підтипів [1].

Тип 1. Периферійні атмосферні процеси, до яких відносяться переноси з північною, східною, західною і південною складовою (рис. 1.5).

Підтип 1.1. Західний та північно-західний перенос. Цей підтип формується на південній периферії циклону і північній периферії антициклону помірних широт. Подібна ситуація спостерігається у той час, коли Одеса знаходиться у малоградієнтному полі при переході від циклону, який стаціонує над Баренцовим морем і зоною підвищеного тиску над районами Малої Азії та східної частини Середземного моря. Для цього типу

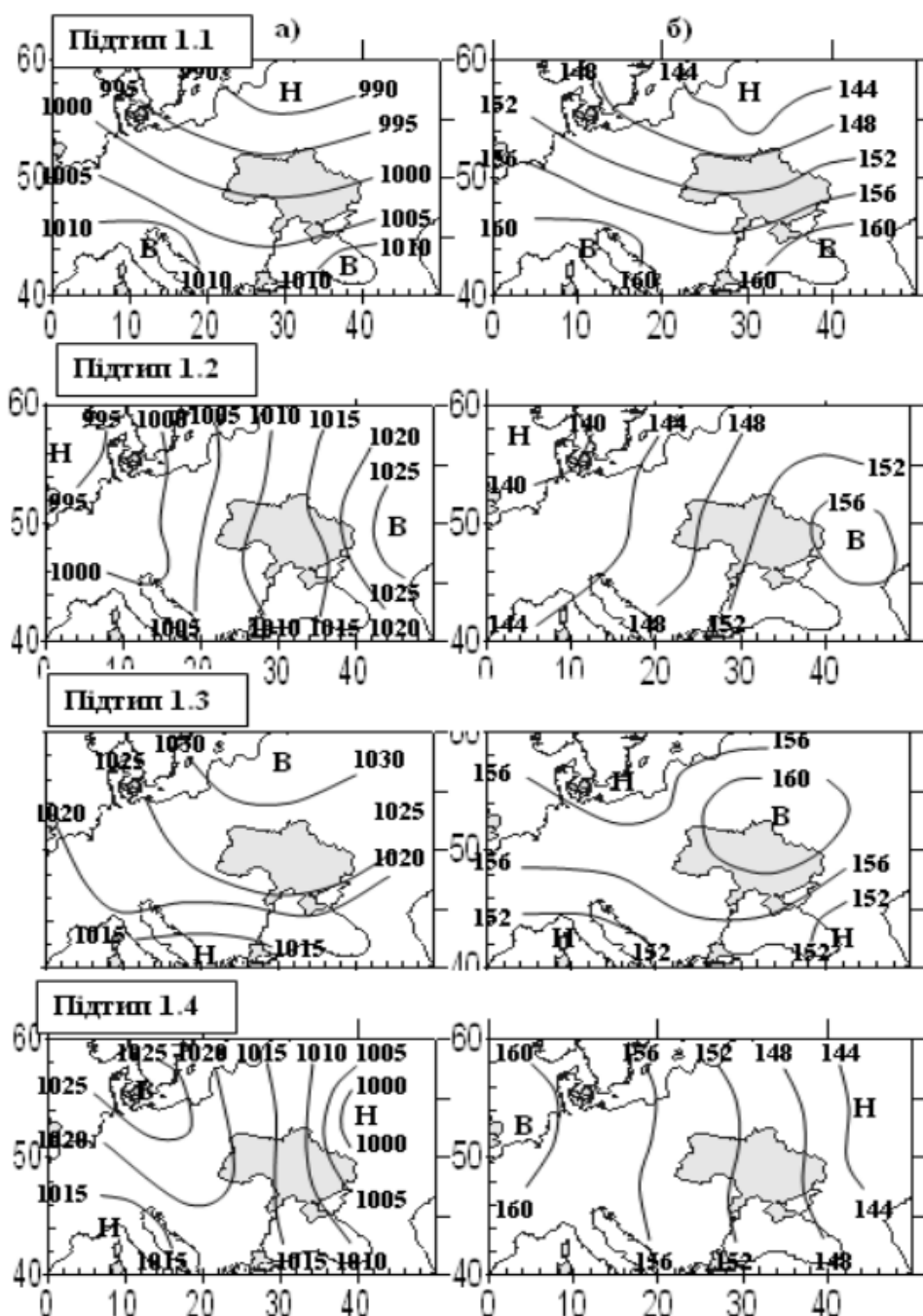


Рис.1.5. Синоптичні процеси типу 1. Карти-схеми: приземна (а) і AT_{850} (б).

також характерний вплив улоговини, яка орієнтована переважно з північного заходу та розповсюджується від циклонів, що знаходяться над районами Північної Атлантики.

Підтип 1.2. Південний перенос - включає процеси, що спостерігаються в передній частині циклону і на західній периферії антициклону. Як правило така синоптична ситуація буває, якщо навколо Одеси розташоване малоградієнтне перехідне поле тиску, яке утворюється

внаслідок блокування циклону, що переміщується з Норвезького та Баренцового морів, сибірським антициклоном.

Підтип 1.3. Східний перенос - формується на північній периферії циклону та в південній частині антициклону. Найчастіше це відбувається, коли над Одесою знаходиться південна периферія антициклону, що стаціонує над центральною частиною Східної Європи. До цього ж типу призводить наявність гребеня, який орієнтується зі сходу, над районами Північної Атлантики.

Підтип 1.4. Північний перенос - виникає за рахунок стаціонування області підвищеного тиску над районами Європи і циклону на півночі східної Європи, який переміщувався з районів Північної Атлантики і Скандинавії.

Тип 2. Циклонічна циркуляція. До цього типу відносяться області зниженого тиску (рис. 1.6).

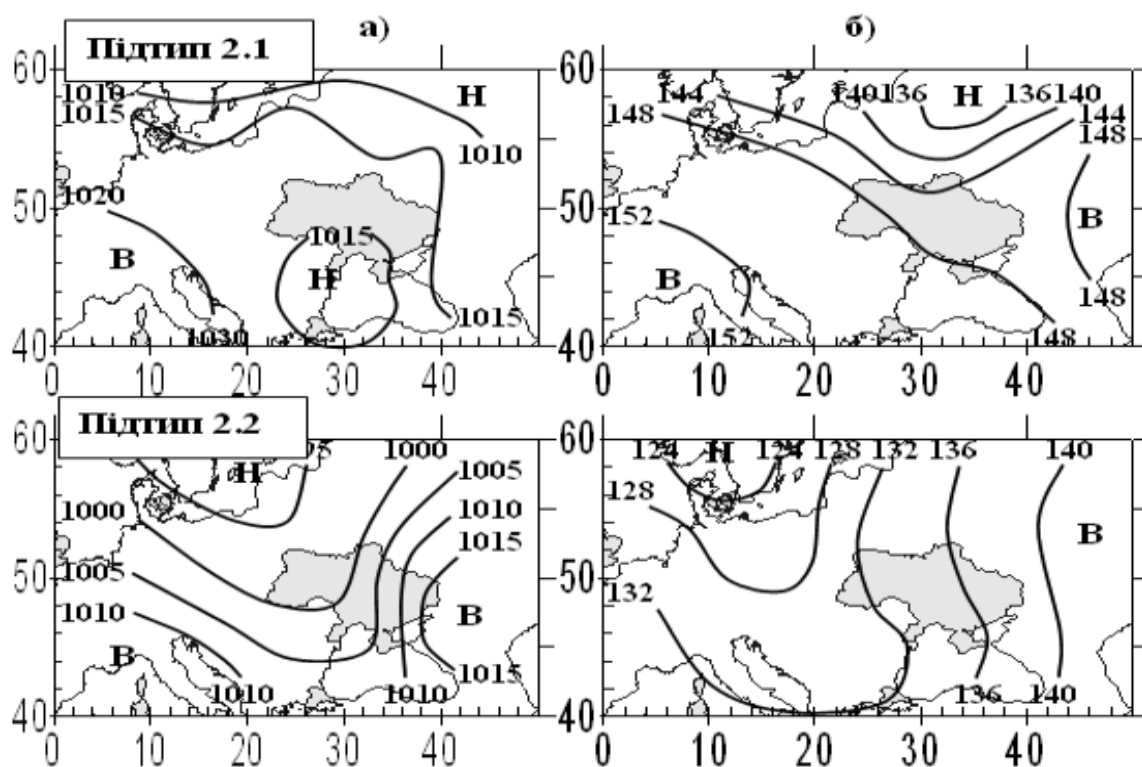


Рис.1.6. Синоптичні процеси типу 2. Карти-схеми: приземна (а) і АТ₈₅₀ (б).

Підтип 2.1. Містить у собі центр циклону та улоговини з південною та східною складовими, що пов'язані з виходом південних циклонів, а також улоговини, що орієнтовані з півночі та північного заходу від циклонів, сформованих над районами Північної Атлантики.

Підтип 2.2. Переміщення улоговин з заходу, які пов'язані з циклонами північних широт, що рухаються з заходу над північними районами Східної Європи.

Тип 3. Антициклонічна циркуляція, тобто антициклони, орієнтовані з заходу і сходу, а також малоградієнтні поля підвищеного тиску (рис. 1.7).

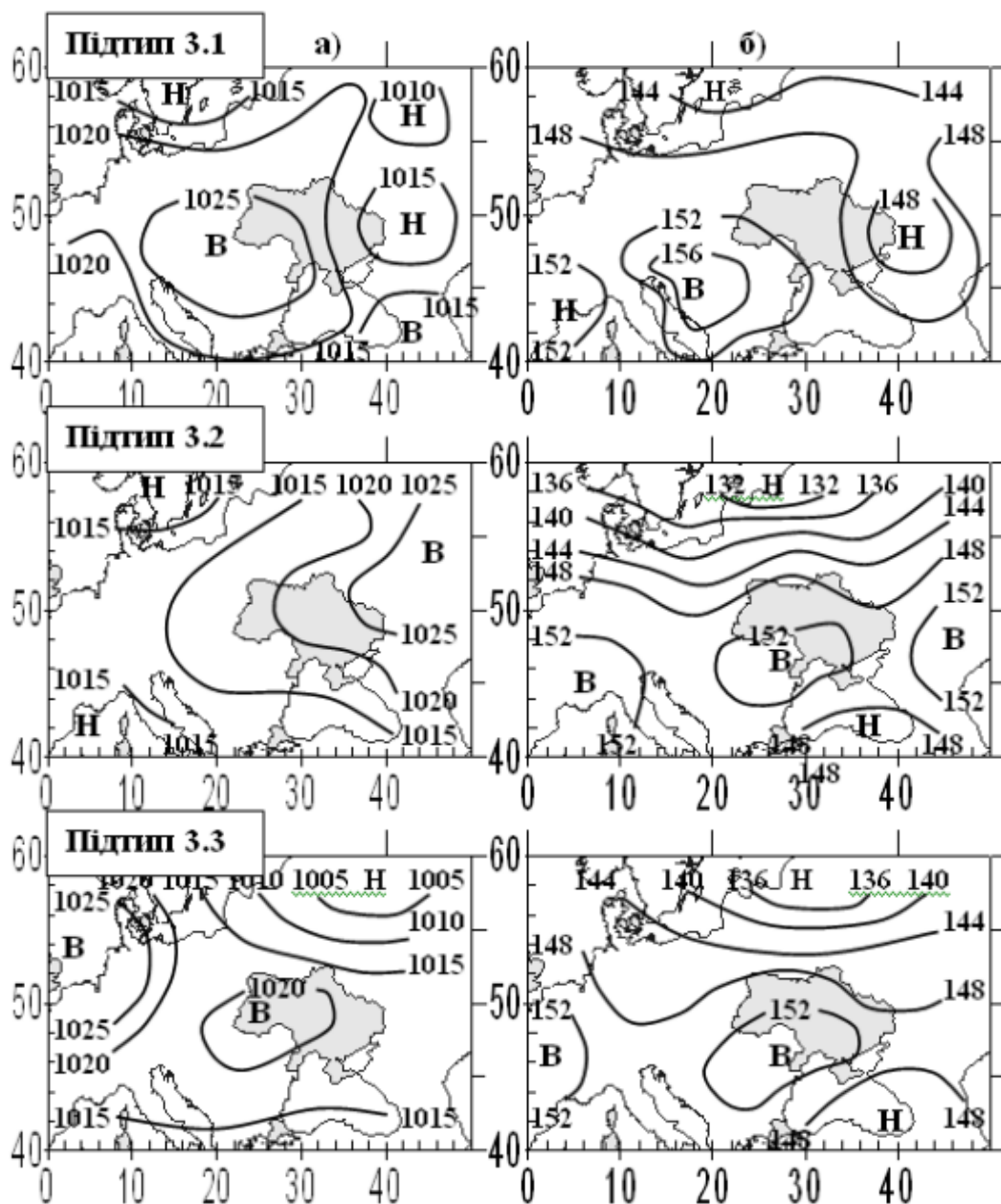


Рис. 1.7. Синоптичні процеси типу 3. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б).

Підтип 3.1. Гребені антициклонів, що орієнтовані з заходу. Такі гребені не є наслідком безпосереднього розповсюдження високого тиску з області Азорського антициклону. Формування гребенів і невеликих антициклонів

відбувається за холодними фронтами внаслідок дії термічних та динамічних факторів зміни тиску, а також під впливом гірських систем Центральної Європи. Область підвищеного тиску об'єднується з Азорським антициклоном і перетворюється в його гребень.

Підтип 3.2. Гребені, орієнтовані зі сходу, що формуються за рахунок стаціонанування східносибірського антициклону над Азією. Цей процес спостерігається значно рідше, ніж гребені з заходу, через переважання західного переносу мас та вплив Чорного моря на термічне і баричне поле тропосфери.

Підтип 3.3. Малоградієнтне поле підвищеного тиску. До цього підтипу також відноситься і центр антициклону. Середні величини баричних градієнтів при цьому коливаються від 0,7 до 1,5 гПа/111 км. За такої синоптичної ситуації на протязі доби переважає штиль; не спостерігається посилення швидкості вітру навіть у добовому ході.

Тип 4. Слабковиражені баричні поля.

Підтип 4.1. Розмите поле, в якому спостерігаються невеликі градієнти в полі тиску 1,5...2,5 гПа/111 км (рис. 1.8).

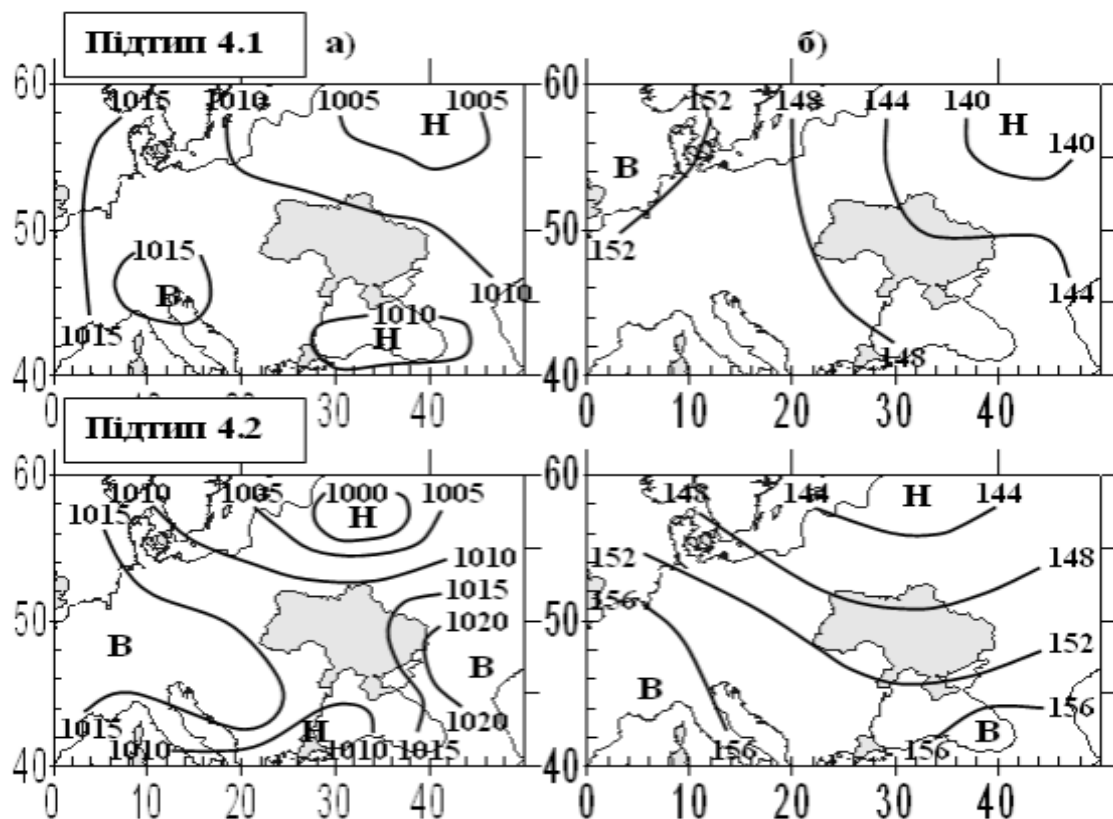


Рис.1.8. Синоптичні процеси типу 4. Карти-схеми: приземна (а) і АТ₈₅₀ (б).

Підтип 4.2. Сідловина, що відмічається при існуванні циклону над Баренцевим морем і областю зниженого тиску над Малою Азією, а також гребенем Азорського максимуму над Європою і зоною підвищеного тиску над районами Сибіру.

Тип 5. Периферійні атмосферні процеси, що пов'язані з проходженням атмосферних фронтів. До них відносяться переноси всіх напрямків.

Підтип 5.1. Східний та північно-східний перенос, що, в основному, здійснюється по східно-південно-східній периферії антициклону. Швидкість вітру зростає під впливом чорноморської депресії та штормової зони ($\partial P / \partial n \geq 3,5$ гПа/111 км) з фронтом.

Підтип 5.2. Східний і південно-східний перенос відбувається: по південно-південно-західній периферії антициклону при проходженні арктичного або полярного фронтів; у зоні підвищених градієнтів тиску ($\partial P / \partial n \geq 3,0$ гПа/111 км) без фронтів або за наявності розмитого фронту; при розташуванні гребеня із фронтом, що проходить практично зонально між циклонами (західним і східним) помірних широт (рис. 1.9).

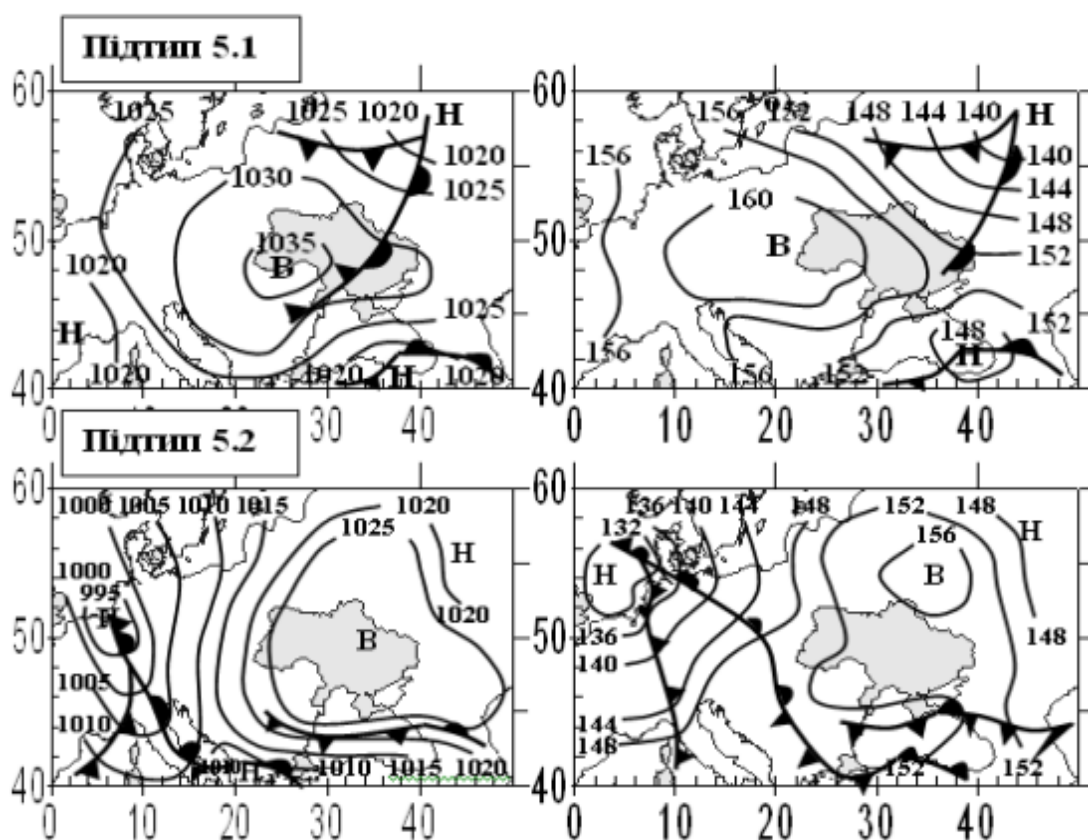


Рис. 1.9. Синоптичні процеси типу 5. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б).

Тип 6. Циклонічні циркуляції з великими баричними градієнтами $\partial P / \partial n \geq 2,5$ гПа/111 км (рис. 1.10).

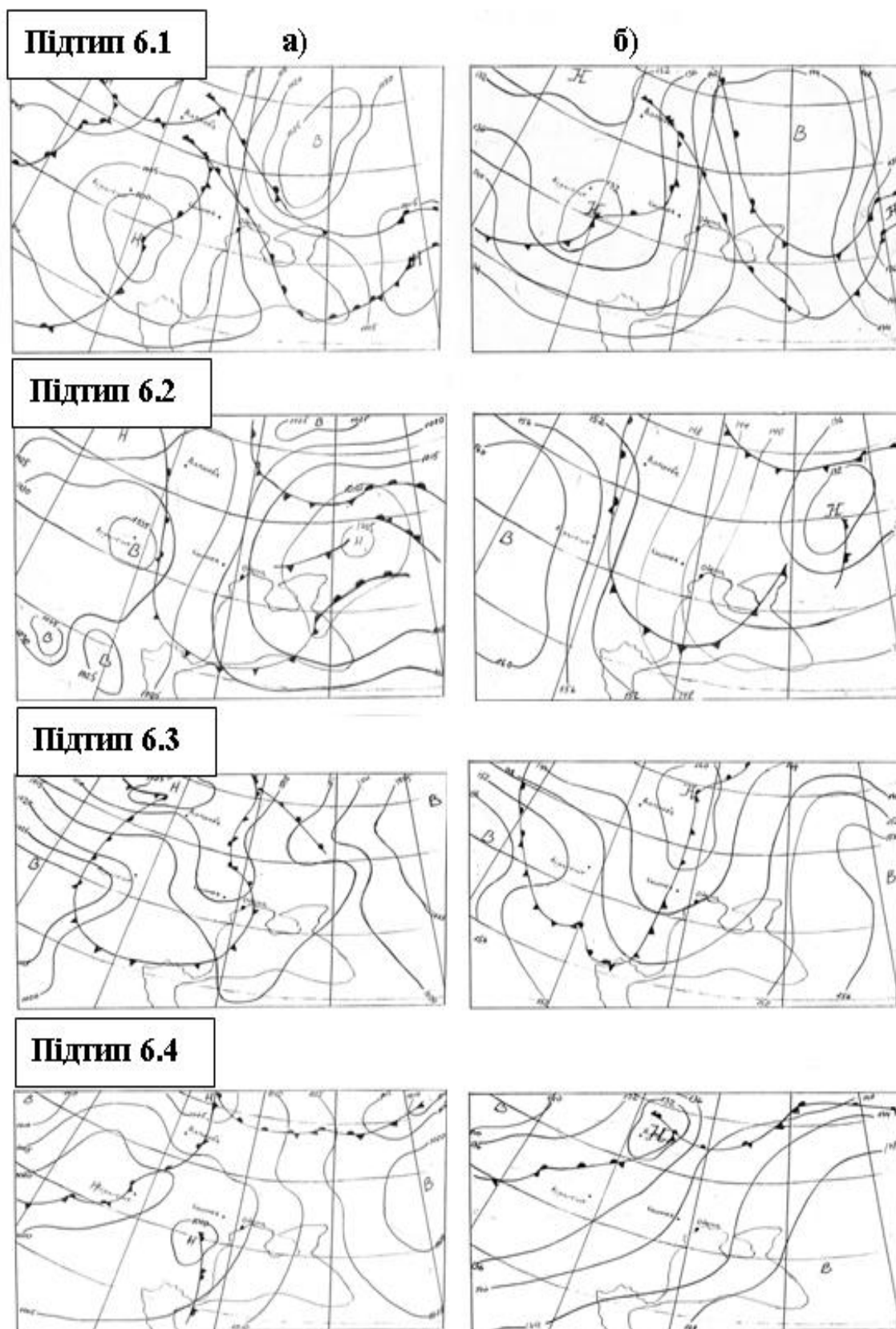


Рис. 1.10. Синоптичні процеси типу 6. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б).

Підтип 6.1. Східна частина циклону або штормова зона між циклоном на заході (північному заході) і антициклоном на сході; обумовлює південний або південно-східний перенос.

Підтип 6.2. Тил циклону, що переміщується зі швидкістю 40 кмгод^{-1} у сполученні з західним та північно-західним вітром.

Підтип 6.3. Улоговина з фронтами, яка обумовлює вітри різних напрямків в залежності від своєї орієнтації відносно району дослідження.

Підтип 6.4. Південний циклон, що здійснює південний перенос повітряної маси. Однак, у його північній частині може спостерігатися вітер північно-східних і південно-східних напрямків, а в центрі циклону (із фронтами) відзначаються вітри всіх напрямків, включаючи північно-західний.

2 СУЧАСНИЙ ВІТРОВИЙ РЕЖИМ ОДЕСЬКОЇ, МИКОЛАЇВСЬКОЇ ТА ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ

2.1 Багаторічна характеристика режиму швидкості вітру Південного заходу України. 2015-2019 рр.

Важливою характеристикою вітрового режиму є швидкість вітру, яка визначається баричним градієнтом та умовами циркуляції атмосфери. Сьогодні одним з проявів сучасної зміни клімату є видима зміна полів швидкості вітру у різних куточках світу. Швидкість вітру біля поверхні землі за останні 30 років значно знизилася над більшою частиною Східної Європи, в тому числі і над Україною і, безпосередньо, над південними регіонами [1,12,13].

В якості вихідного матеріалу для розрахунку характеристик вітру використані дані метеорологічних спостережень, що містять відомості про кількість випадків різних напрямків і швидкостей вітру і числі штилів.

Для опису швидкості вітру в конкретному районі необхідно знати такі параметри, як середня швидкість, повторюваність різних швидкостей по градаціях, максимальна швидкість. Стійкість цих характеристик залежить не тільки від довжини ряду, але і від числа градацій: чим більше кількість градацій, тим довше повинен бути ряд[4].

Аналіз режиму вітру на станціях говорить про те, що тренд зміни вітрової активності негативний за періоди 1961-1990 та 2015-2019 рр. на північному узбережжі Чорного моря протягом усього року (Дод. Б., табл. Б.1). Середньомісячні показники швидкості вітру зменшилися, отже, збільшилася і повторюваність слабого вітру на узбережжі.

Над всієї території Північно-Західного Причорномор'я простежується чіткий річний хід швидкості вітру – до найбільших величин вона зростає у січні-лютому, а найменших досягає у серпні, але порівняння періодів 1961-1990 та 2015-2019 рр. виявило послаблення амплітуди річного ходу на 0,7-1,1 м/с, за винятком Миколаєва та АМСЦ-Одеса (Застава)(табл. 2.1). На цих станціях порівняння періодів 1961-1990 та 2015-2019 рр. виявило зростання амплітуди річного ходу на 0,2-0,6 м/с (рис. 2.1- 2.2).

В цілому над Одещиною середня на рік швидкість вітру у 2015-2019 рр. становила від 2,2 до 3,5 м/с, за винятком АМСЦ-Одеса (Застава) (5,5 м/с) .

У Миколаїві (4,0 м/с) (рис. 2.2) річна амплітуда швидкості приземного вітру склала 1,1 м / с, від 3,6 в липні-червні до 4,7 м/с в березні, відповідно.

На метеорологічній станції Херсон відзначається загальна тенденція зниження середньомісячної швидкості вітру на 0,5-1,3 м/с, при цьому амплітуда швидкості зменшується від літа до зими.

Таблиця 2.1 - Середньомісячна швидкість вітру над Північно-Західним Причорномор'ям за 1961-1990 [9] та 2015-2019 рр.

Період	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Одеса-ГМО												
1961-1990	4,6	4,6	4,3	3,8	3,4	3,2	3,2	3,3	3,4	3,9	4,3	4,3	3,9
2015-2019	3,4	3,4	3,0	2,8	2,3	2,1	2,1	2,1	2,6	3,4	3,6	2,8	2,7
	Херсон												
1961-1990	4,3	4,5	4,3	3,9	3,4	3,1	3,1	3,0	2,9	3,2	3,8	4,0	3,6
2015-2019	3,0	3,2	3,3	3,0	2,3	2,3	2,2	2,7	2,5	2,7	3,1	3,1	2,7
	Миколаїв												
1961-1990	4,1	4,2	4,1	3,9	3,6	3,3	3,1	3,1	3,1	3,2	3,8	3,9	3,6
2015-2019	4,3	4,3	4,6	4,8	3,8	3,7	3,4	3,8	3,9	4,1	4,3	4,4	4,1
	Ізмаїл												
1961-1990	4,0	4,4	4,3	4,3	3,8	3,5	3,2	2,9	2,9	3,0	3,3	3,6	3,6
2015-2019	3,1	3,1	3,4	3,1	2,9	2,9	2,8	2,8	3,0	2,9	2,6	2,8	2,9
	АМСЦ-Одеса (Застава)												
1961-1990	4,6	4,6	4,3	3,8	3,4	3,2	3,2	3,3	3,4	3,9	4,3	4,3	3,9
2015-2019	4,2	4,3	4,3	4,4	3,4	3,6	3,5	3,6	3,5	4,0	4,1	4,0	3,9

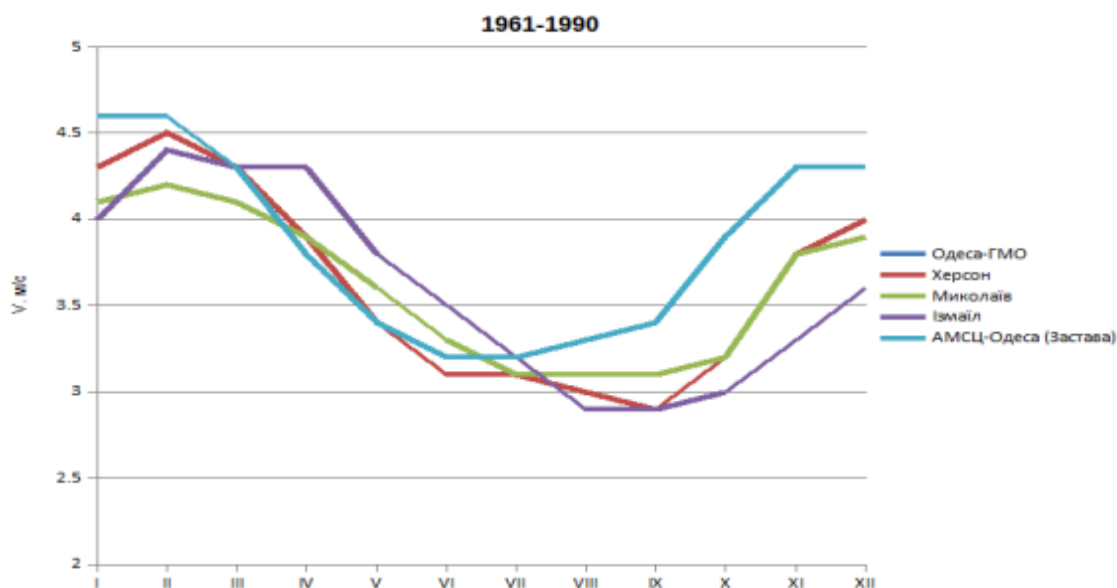


Рис. 2.1. Середньомісячна швидкість вітру над Північно-Західним Причорномор'ям за 1961-1990рр.[9]

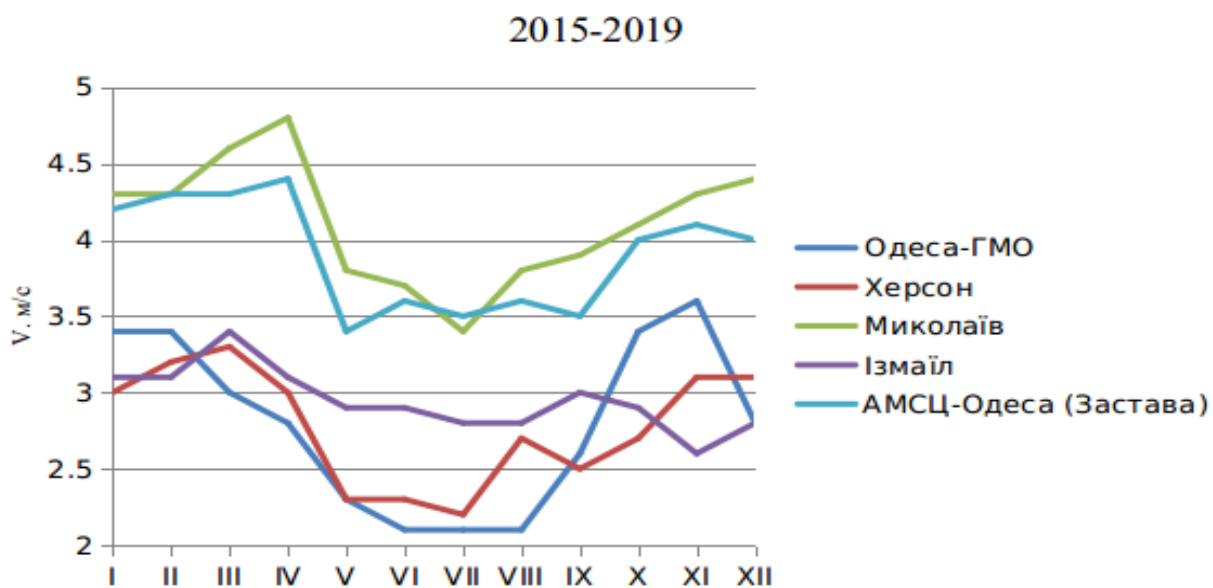


Рис. 2.2. Середньомісячна швидкість вітру над Північно-Західним Причорномор'ям за 2015-2019 рр.

Максимальна швидкість вітру на станції Одеса-ГМО спостерігалась в жовтні 2016 р. її значення складало 18 м/с. Для станції АМСЦ-Одеса (Застава) значення максимальної швидкості вітру за період 2015-2019 рр. складо 18м/с., ці значення спостерігалися в жовтні 2016 р. На станції Ізмаїл максимальна швидкість вітру складала 26 м/с в січні 2018 р. Максимальна швидкість вітру на

станції Херсон спостерігалась в березні 2015 р. та в липні 2016 р, а її значення складало 14 м/с. Для станції Миколаїв значення максимальної швидкості вітру складо 16 м/с., ці значення спостерігалися в січні 2015 р.(табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Максимальна швидкість вітру над Північно-Західним Причорномор'ям за 2015-2019 рр.

Рік	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Одеса-ГМО												
2015	9	10	11	14	6	5	5	10	9	15	13	10
2016	13	11	7	12	11	8	7	6	12	18	11	9
2017	13	8	7	16	7	5	7	6	12	12	14	8
2018	11	15	12	9	11	9	7	9	8	10	14	11
2019	10	8	11	8	8	9	6	8	9	5	11	9
Одеса-АМСЦ												
2015	15	11	11	16	10	11	15	9	11	11	16	14
2016	11	15	13	16	10	12	11	14	18	18	11	14
2017	15	11	12	15	10	11	13	11	13	13	12	13
2018	15	14	13	15	10	12	10	11	12	12	15	13
2019	12	13	20	11	14	14	17	16	12	14	12	13
Херсон												
2015	11	11	14	3	7	3	7	10	8	10	12	10
2016	9	9	12	13	8	7	14	9	10	8	8	11
2017	11	10	10	12	8	7	8	8	10	10	8	8
2018	10	11	10	10	8	7	6	8	8	8	10	4
2019	10	9	10	11	7	8	7	9	7	8	9	8
Миколаїв												
2015	16	10	13	15	10	10	8	8	10	11	12	10
2016	12	11	12	13	12	10	8	8	9	13	9	8
2017	9	10	11	12	11	8	11	9	11	13	13	12
2018	10	11	12	15	13	9	11	7	10	10	13	13
2019	9	10	15	11	12	9	11	11	12	11	12	9

Продовження табл. 2.2

Ізмаїл												
2015	15	11	11	16	12	11	12	10	13	16	14	15
2016	19	15	12	15	10	14	12	13	11	14	16	16
2017	20	14	13	16	11	10	12	15	13	15	11	11
2018	26	15	12	14	14	11	12	11	17	12	13	16
2019	12	13	16	13	13	11	14	12	11	11	11	10

Над всієї території Північно-Західного Причорномор'я простежується чіткий річний хід швидкості вітру – до найбільших величин вона зростає у січні-лютому, а найменших досягає у серпні, але порівняння періодів 1961-1990 та 2015-2019 рр. виявило послаблення амплітуди річного ходу на 0,7-1,2 м/с за винятком Миколаєва та АМСЦ-Одеса (Застава).

Максимальні швидкості вітру за період 2015-2019 рр. спостерігаються у зимові та перехідні місяці, що утворюють чіткий річний хід - до найбільших величин вона зростає у січні-лютому, квітні та жовтні, а найменших досягає у червні – вересні.

2.2 Зміни напрямку вітру

Напрямок вітру є дуже важливим показником у метеорологічних прогнозах. Деякі споживачі не можуть вести виробничі роботи при небезпечних для них напрямках вітру, при яких, наприклад, спостерігається сильна прибійна хвиля, заповиленість або загазованість району, закриття частини обрію хмарами, значне посилення вітру та інших побічних явищ.

Вітровий режим України зумовлюється макроциркуляційними процесами в атмосфері та положенням баричних центрів над континентом Євразії та Атлантикою. В окремих регіонах розподіл напрямку та швидкості вітру значно змінюється під впливом орографічних особливостей і залежить від орієнтації долин, наявності водойм, морів.

Аналізуючи кліматичні характеристики полів вітру північного узбережжя Чорного моря, слід зазначити, що швидкість і напрям вітру мають значну

просторово-часову мінливість навіть у межах невеликого регіону. Мінливість цих характеристик в кожному географічному районі визначається, мабуть, поєднанням циркуляційних процесів і місцевих фізико-географічних умов. Найкраще ці залежності проявляються в напрямку вітру.

Результати розрахунків повторюваності напрямків вітру по румбах для повторюваність напрямків вітру на станції півдня України у 1961-1990 рр.[9] та 2015-2019 рр., представлені у табл. 2.3. За вказаними даними побудовані рози вітру над регіоном (рис. 2.3-2.4).

Район Одеси (з точки зору загальної циркуляції) можна назвати районом панічно-західного переносу. Переважаючими вітрами являються західні, північно-західні і південно-західні. Аналіз отриманих роз вітрів показує очевидну перевагу західного і північно-західного румба на ст. Одеса - ГМО 15 та 16,6 %, відповідно. У порівнянні з даними кліматичного кадастру майже на 5% зменшився внесок північного напрямку з 18,3 до 13,8 %.

На станції Ізмаїл істотно знизився внесок південній складової напрямку приземного вітру з 15,3 до 9,4 %, а також північного румба. Переважаючими є вітри західного і північно-західного напрямків.

Таблиця 2.3 - Повторюваність (%) напрямків вітру над Північно-Західним Причорномор'ям за 1961-1990 [9] та 2015-2019 рр.

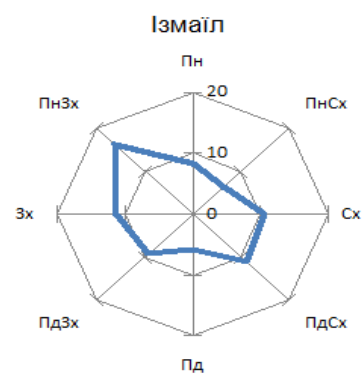
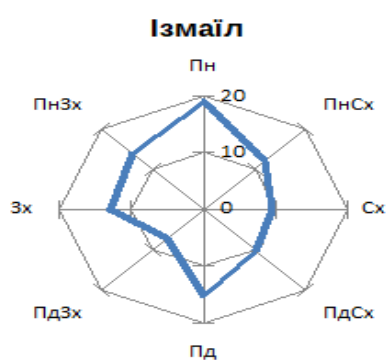
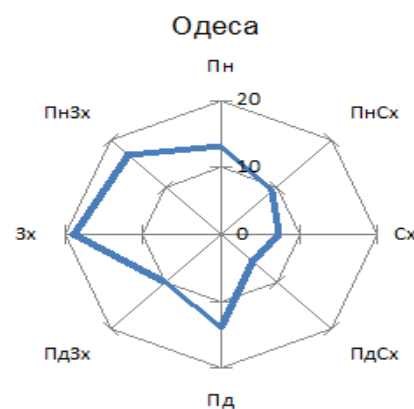
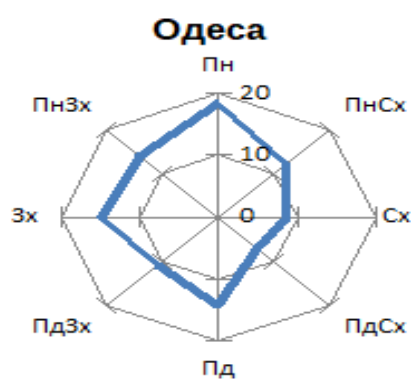
Пункт	Румби								Штиль
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	
Одеса	1961-1990								
	18,3	12,1	8,6	7,0	14,3	10,9	14,7	14,1	2,0
	2015-2019								
	13,3	9,2	7,5	5,7	13,9	10	18,9	16,7	4,7
Ізмаїл	1961-1990								
	19,0	12,0	9,4	10,3	15,3	7,1	12,9	14,0	19,1
	2015-2019								
	8,3	6,4	10,7	11,1	5,7	9,3	11,3	16,3	15,6
Миколаїв	1961-1990								
	16,6	15,4	12,8	8,0	14,9	9,0	9,2	14,1	4,1
	2015-2019								
	18,8	14,0	12,8	7,3	12,3	8,1	10,5	12,6	3,4

Продовження табл. 2.3

Херсон	1961-1990								
	14,5	16,3	14,6	9,4	9,9	12,7	11,5	11,1	6,9
	2015-2019								
	15,9	13,4	11,3	6,0	10,9	11,0	12,5	10,8	8,1
АМСЦ- Одеса (Застава)	1961-1990								
	18,3	12,1	8,6	7,0	14,3	10,9	14,7	14,1	2,0
	2015-2019								
	13,1	12,6	5,1	13,0	6,9	6,2	9,6	18,6	12,1

1961-1990 рр

2015-2019 рр.

Рис. 2.3. Рози вітрів на станціях Одеса, Миколаїв, Ізмаїл. 1961-1990.
2015- 2019 рр.

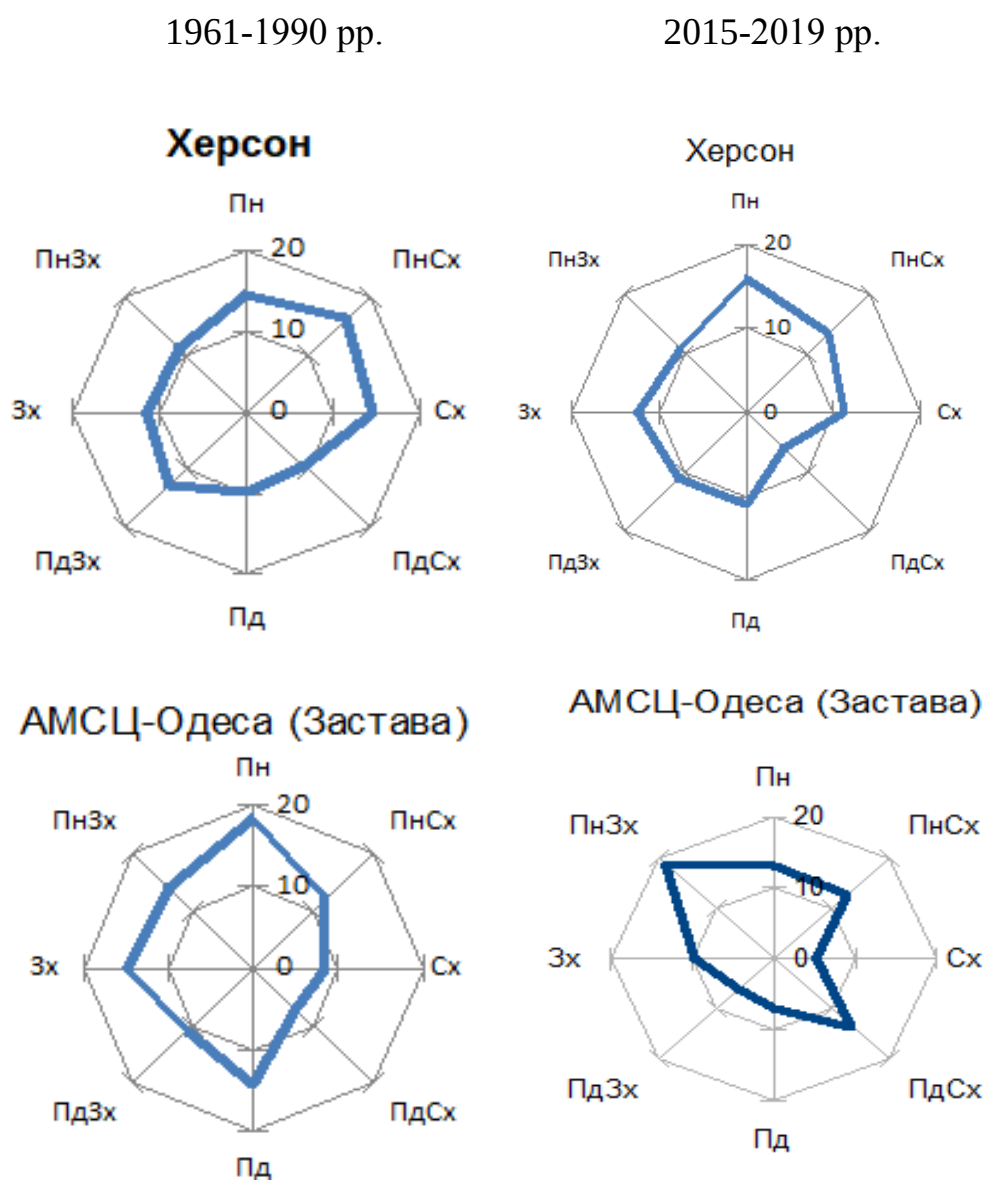


Рис. 2.4. Рози вітрів на станціях АМСЦ-Одеса, Херсон. 1961-1990.
2015- 2019 pp.

На метеостанції АМСЦ-Одеса поширився вклад південно-західного румбу до 18,6 % та південно-східного до 13 %. У порівнянні з періодом 1961-1990 pp. зменшився північного, південно-західного та східного напрямків вітру, від 3 до 5%.

У Миколаєві в два рази менше стали відзначатися вітри південного напрямку, при цьому відзначається збільшення кількості північно-східних румбів з 15,4 до 17,5 %. Істотних змін у розподілі інших напрямків вітру в районі Миколаєва не виявлено.

2.3 Розподіл швидкості вітру за градаціями над Північно-Західним Причорномор'ям

Якщо розглянути розподіл вітру за градаціями впродовж 2015-2019 рр., то можна спостерігати значне переважання над територією Північно-Західного Причорномор'я слабого вітру, тобто градації 1-4 м/с. Частка цієї градації становила 81,7% на ст. Одеса - ГМО, від 70 до 77% на станціях Херсон та Ізмаїл, а мінімальне її значення зазначалося на ст. Миколаїв - 50,2%. Отже, у період 2015-2019 рр. у Північно-Західному Причорномор'ї переважав слабкий вітер (рис. 2.5).

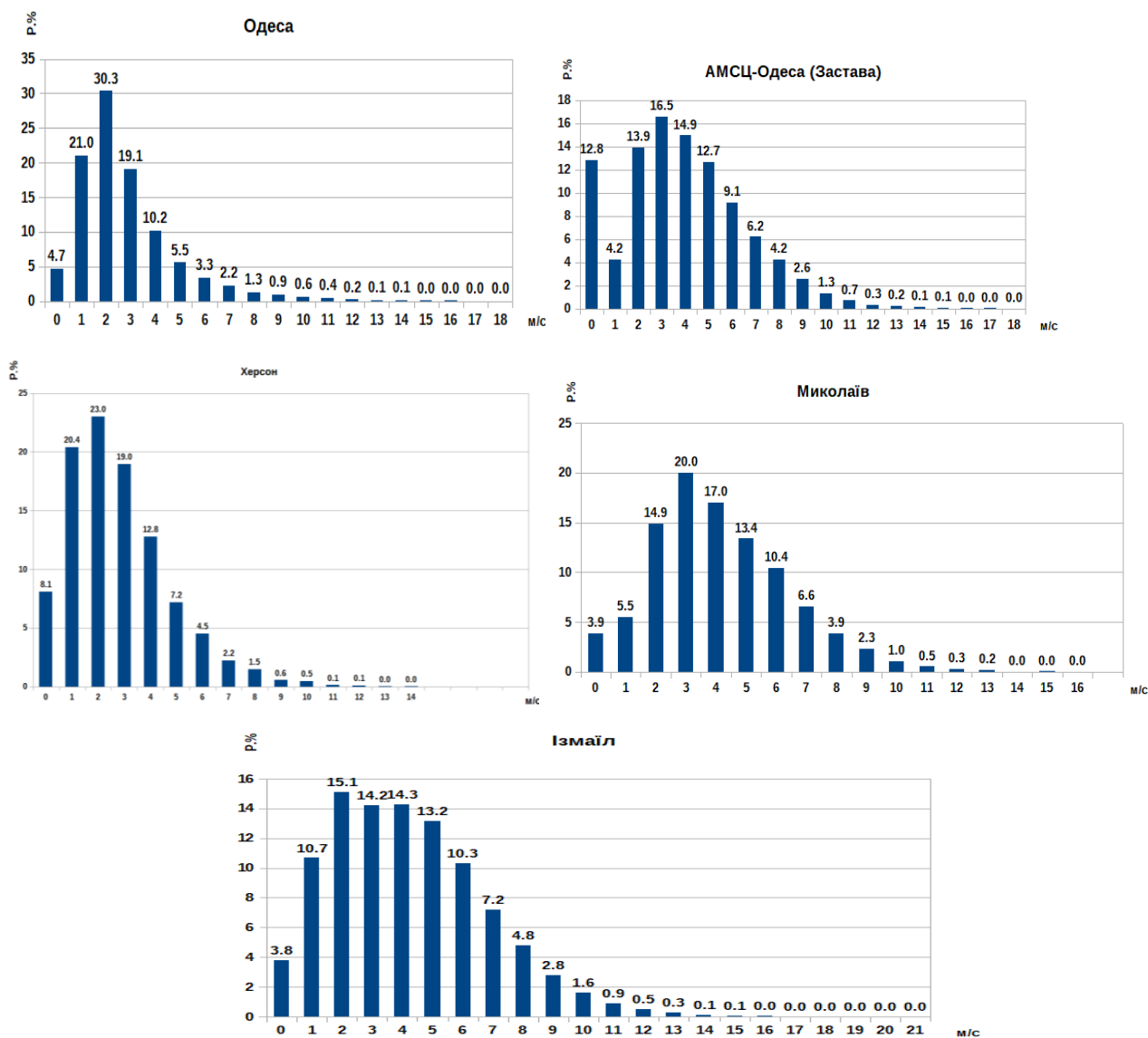


Рис. 2.5. Повторюваність (%) градацій швидкості вітру на метеостанціях. 2015-2019 рр.

Амплітуда коливань річної повторюваності штилів в районі Одеси змінюється від 0,0-0,8 % навесні, до 5,5-9,3 % в січні і жовтні, відповідно. Повторюваність штилів в районі Одеси була незначною (4,7 %), причому у порівнянні з періодом 1961-1990 рр. практично не відбулося істотних змін (Дод. Б., табл. Б.2). Найбільша повторюваність днів з штилем зафіксовано в Ізмаїлі – 15,6 %, але якщо порівняти дані з кліматичними кадастром, то кількість штилів зменшилася (з 19 до 15,6 %) [6]. У Херсоні та Миколаєві штилі спостерігалися в кількості 8,1 та 3,9 %, відповідно. На метеостанції АМСЦ- Одеса також спостерігалось досить високе кількість штилів – 12,8% за рік. Це свідчить про те, що істотних змін, в порівнянні з даними 1960-1991 рр., не відбулося (рис. 2.6).

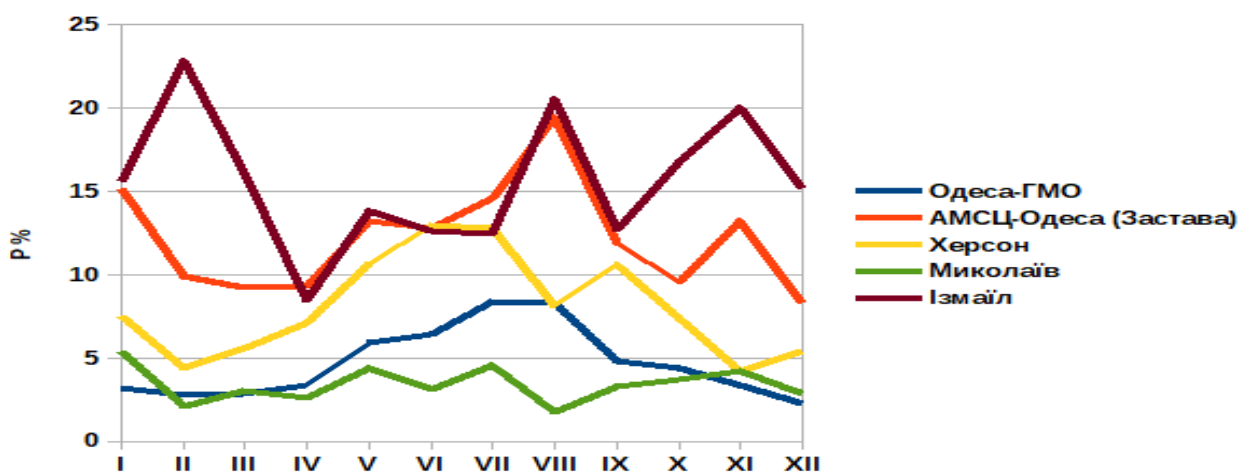


Рис. 2.6. Середньомісячна кількість штилів (%) на метеостанціях. 2015-2019 рр.

Кількість штилів на більшості станцій за період 2015-2019 рр. утворюють чіткий річний хід - до найбільших величин вона зростає в літні місяці, а найменших досягає у зимові місяці. На станції Ізмаїл максимальна кількість штилів спостерігається в лютому (22,8 %), серпні (20,5 %) і в листопаді (20 %).

Повторюваність вітру зі швидкістю 10-15 м/с в цілому невелика та складала 3-6 % над станціями Північно-Західного Причорномор'я у 1961-1990 рр., а період 2015-2019 рр. характеризувався різким зменшенням частки цієї градації менш ніж до 0,1-1,0% над більшістю станцій (Ізмаїл, Херсон, Одеса), над Миколаєвом та АМСЦ – Одеса (Застава) повторюваність вітру зі швидкістю 10-15 м/с складала 2-2,5%. Повторюваність сильного вітру (15-20 м/с) не перевищувала над Одещиною 0,4-0,6 % у 1961-1990 рр. [16], а у 2015-2019 рр. вона перевищувала 0,1 %.

2.4 Статистичні характеристики вітрового режиму над регіоном.

У таблицях 2.4-2.7 представлені основні статистичні характеристики швидкості вітру над досліджуваною територією. Модальне значення швидкості вітру показує, який вітер найчастіше спостерігався над пунктами дослідження, отже модальні значення відповідають найбільшим градаціям емпіричного розподілу [10,15]. Як видно з таблиць 2.4-2.7 над станціями Північно-Західного Причорномор'я в обидва строки переважав слабкий вітер. У полудень на цих станціях модальні швидкості зростали до 3 - 6 м/с.

Значення асиметрії розподілу швидкості у липні (табл. 2.4) коливалось від 0,4 до 2 вночі, вдень значення асиметрії змінювались від 0,8 до 1,5. У січні (табл. 2.5) значення асиметрії розподілу швидкості вітру коливалось вночі від 0,4 до 3,2 та вдень від 0,3 до 1,5. У квітні (табл. 2.6) значення асиметрії розподілу швидкості вітру складало вночі від 1,0 до 3,1 та вдень від 0,2 до 1,4. У жовтні (табл. 2.7) значення асиметрії розподілу швидкості вітру вночі варіювало від 0,9 до 1,9 та вдень від 0,5 до 2,0.

Таблиця 2.4 - Основні статистичні характеристики швидкості вітру над Північно-Західним Причорномор'ям за липень 2015-2019 рр.

Пункт	Строк UTC	Статистичні характеристики						
		$V_{\text{сер}}$	σ_x^2	A_s	E_x	V_{mod}	V_{min}	V_{max}
Одеса	00	2,1	1,3	1,9	5,1	1	0	9
	12	2,8	1,5	0,9	0,5	2	1	8
Херсон	00	3,2	1,1	0,6	0,6	3	0	7
	12	1,4	0,9	0,9	1,4	1	0	6
Миколаїв	00	1,2	1,2	0,4	0,6	3	0	8
	12	4,5	1,6	0,8	0,9	3	0	11
Ізмаїл	00	2,1	1,8	1,7	4,9	2	0	12
	12	4,5	2,1	1,2	5,9	4	0	18
АМСЦ-Одеса (Застава)	00	3,0	2,4	1,6	3,6	1	0	14
	12	3,6	2,5	1,1	1,2	1	0	13

Таблиця 2.5 - Основні статистичні характеристики швидкості вітру над
Північно-Західним Причорномор'ям за січень 2015-2019 рр.

Пункт	Строк	Статистичні характеристики						
	UTC	$V_{\text{сеп}}$	σ_x^2	A_s	E_x	V_{mod}	V_{min}	V_{max}
Одеса	00	3,1	1,6	0,9	0,8	2	0	10
	12	3,3	1,6	1,5	2,3	2	1	11
Херсон	00	2,8	1,4	1,4	2,2	2	0	10
	12	3,6	1,9	1,0	0,4	3	0	11
Миколаїв	00	3,9	1,9	0,6	0,7	3	0	13
	12	4,8	1,8	0,3	-0,1	5	0	12
Ізмаїл	00	4,4	2,3	1,3	3,2	3	0	19
	12	5,0	2,7	1,6	6,3	5	0	26
АМСЦ-Одеса (Застава)	00	3,9	2,1	0,5	0,4	3	0	13
	12	4,9	1,9	0,8	1,8	5	0	15

Таблиця 2.6 - Основні статистичні характеристики швидкості вітру над
Північно-Західним Причорномор'ям за квітень 2015-2019 рр.

Пункт	Строк	Статистичні характеристики						
	UTC	$V_{\text{сеп}}$	σ_x^2	A_s	E_x	V_{mod}	V_{min}	V_{max}
Одеса	00	2,4	1,2	3,1	13,1	2	0	14
	12	3,3	1,3	1,4	4,4	2	0	12
Херсон	00	2,2	1,4	2,2	6,4	1	0	12
	12	4,3	1,8	1,1	1,4	4	0	12
Миколаїв	00	4,0	1,9	1,1	1,7	2	0	14
	12	5,7	2,2	0,5	-0,4	3	1	13
Ізмаїл	00	3,8	1,9	1,0	2,0	2	0	14
	12	4,9	2,3	0,6	0,6	4	0	16
АМСЦ-Одеса (Застава)	00	3,2	2,0	1,3	2,5	2	0	14
	12	6,0	2,1	0,2	-0,3	5	0	13

Таблиця 2.7 - Основні статистичні характеристики швидкості вітру над
Північно-Західним Причорномор'ям за жовтень 2015-2019 рр.

Пункт	Строк, UTC	Статистичні характеристики						
		V_{ce} p	σ_x^2	A_s	E_x	V_{mod}	V_{min}	V_{max}
Одеса	00	3,1	1,9	1,9	4,6	2	0	15
	12	3,2	1,6	2,0	7,5	2	0	16
Херсон	00	2,0	1,1	1,3	2,4	1	0	8
	12	3,5	1,5	0,7	0,5	3	0	10
Миколаїв	00	3,4	1,4	0,9	2,4	3	0	11
	12	4,7	2,0	0,6	0,1	2	0	12
Ізмаїл	00	3,8	1,7	1,5	3,6	4	0	15
	12	3,9	2,1	1,1	2,2	2	0	16
АМСЦ-Одеса (Застава)	00	3,0	1,9	0,9	1,0	3	0	12
	12	5,3	1,9	0,5	1,3	6	0	15

Ексцес (E_x) розподілу швидкості вітру у січні та квітні переважно додатній за винятком Миколаєва у січні (-0,1 вночі) та у квітні (-0,4 вночі), також від'ємні значення спостерігались на станції АМСЦ-Одеса у квітні (-0,3 вночі). Максимальне значення ексцесу виявлявся у квітні на станції Одеса (13,1 вночі).

На рис. 2.7 представлені карти географічного розподілу середніх значень швидкості вітру та показник мінливості поля швидкості вітру (середній квадратичний відхил (σ_x^2) за строки 00 та 12 UTC у липні.

Просторовий розподіл нічних значень швидкостей вітру (00 UTC) показує, що мінімальні значення спостерігались в південно-західній частині досліджуваної території, а саме в Одесі (2,1 м/с) та в Ізмаїлі (2,1 м/с), а максимальні значення спостерігають на східній частині, в Херсоні (3,2 м/с), характер поля полудневих значень швидкості вітру (12 UTC) відрізняється від поля нічних значень, мінімум спостерігається в Херсоні (1,4 м/с), а максимум в Ізмаїлі (4,5 м/с). Значення середнього квадратичного відхилення швидкості вітру коливаються від 1,08 до 2,4 м/с, зростаючи у напрямку узбережжя західного Чорного моря з максимумом біля Одеси. Характер географічного розподілу σ_x^2 в продовж доби мав не значні зміни.

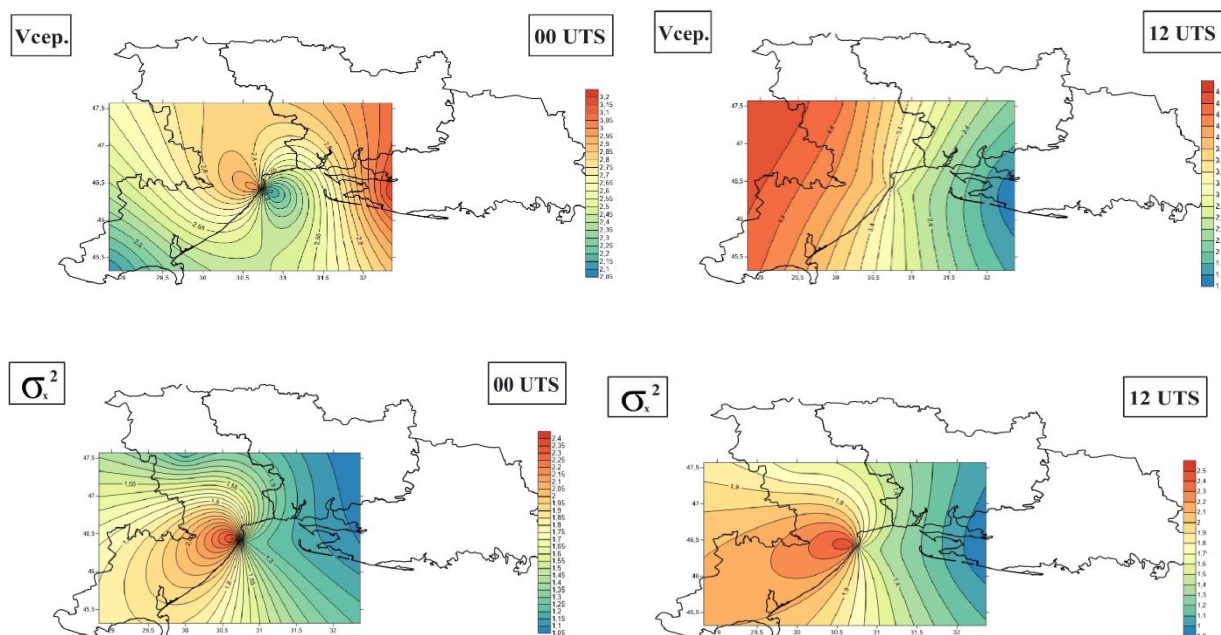


Рис. 2.7. Карта середніх ($V_{\text{сep}}$, м/с) значень швидкості вітру та її середній квадратичний відхил (σ_x^2 , м/с) над Північно-Західним Причорномор'ям у липні 2015-2019 рр. 00 та 12 UTC

В січні мінімальні значення нічних (00 UTC) середніх швидкостей вітру (рис. 2.8) спостерігаються в Херсоні (2,8 м/с), максимальні в Ізмаїлі (4,4 м/с),

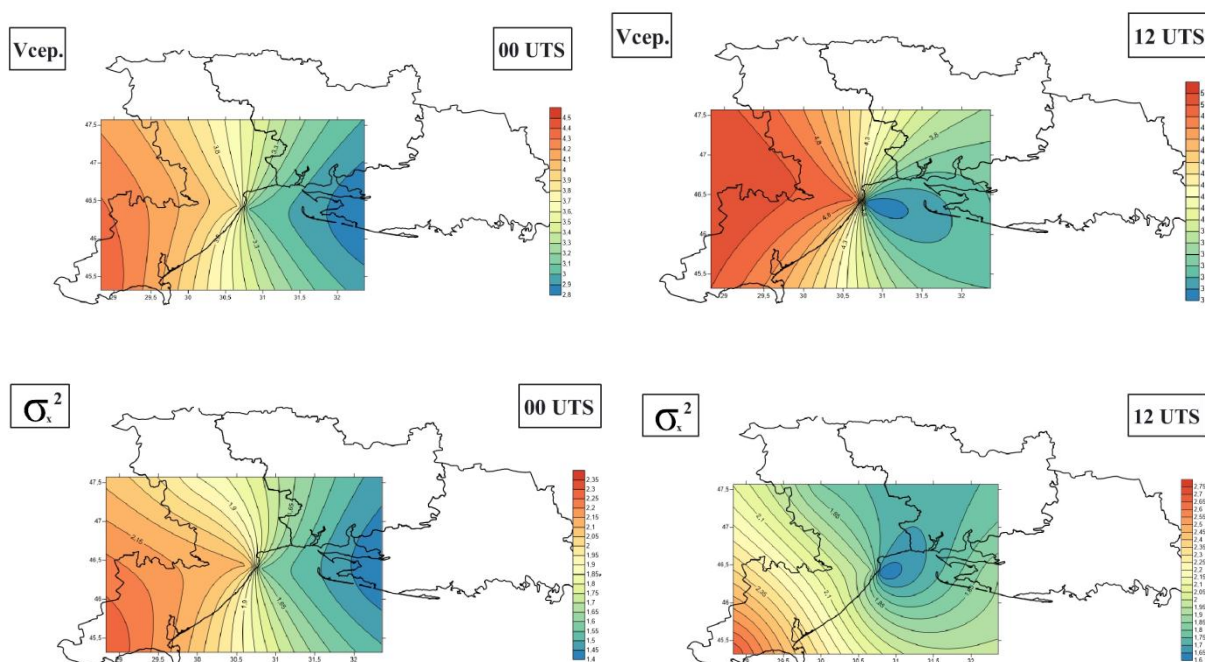


Рис. 2.8. Карта середніх ($V_{\text{сep}}$, м/с) значень швидкості вітру та її середній квадратичний відхил (σ_x^2 , м/с) над Північно-Західним Причорномор'ям у січні 2015-2019 рр. 00 та 12 UTC

характер поля полудневих значень швидкості вітру (12 UTC) не значно відрізняється від поля нічних значень, мінімум спостерігається в Одесі (3,3 м/с), а максимум в Ізмаїлі (5,0 м/с). Значення середнього квадратичного відхилу швидкості вітру коливаються від 1,4 до 2,3 м/с, зростаючи у напрямку західного узбережжя Чорного моря з максимумом біля Ізмаїла. Характер географічного розподілу σ_x^2 в продовж доби має не значні зміни.

Просторовий розподіл (рис. 2.9) нічних значень швидкостей вітру (00 UTC) у квітні показує, що мінімальні значення спостерігались в південно-східних частині досліджуваної території, а саме у Херсоні (2,2 м/с) та у Ізмаїлі, а максимальні значення спостерігають на північній частині, у Миколаєві (4,0 м/с), характер поля полудневих значень швидкості вітру (12 UTC) відрізняється від поля нічних значень, мінімум спостерігається в Одесі (3,3 м/с), а максимум на станції АМСЦ-Одеса (6 м/с). Значення середнього квадратичного відхилу швидкості вітру коливаються від 1,2 до 2,0 м/с, зростаючи у напрямку узбережжя Чорного моря з максимумом біля Одеси. Характер географічного розподілу σ_x^2 в продовж доби має не значні зміни.

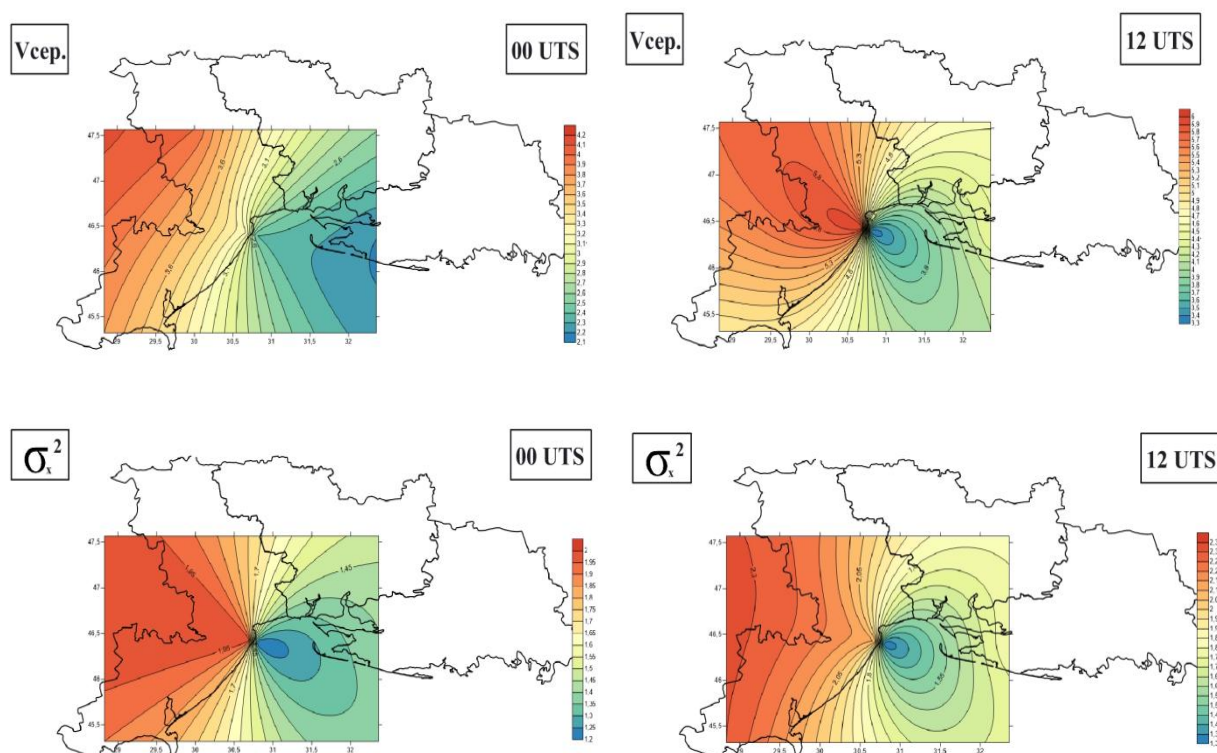


Рис. 2.9. Карта середніх ($V_{сеп}$, м/с) значень швидкості вітру та її середній квадратичний відхил (σ_x^2 , м/с) над Північно-Західним Причорномор'ям у квітні 2015-2019 рр. 00 та 12 UTC

На рис. 2.10 представлені карти географічного розподілу середніх значень швидкості вітру та показник мінливості поля швидкості вітру (середній квадратичний відхил (σ_x^2) за строки 00 та 12 UTC у жовтні. Просторовий розподіл нічних значень швидкостей вітру (00 UTC) показує, що мінімальні значення спостерігались в східній частині досліджуваної території, а саме в Херсоні (2 м/с), а максимальні значення спостерігають в Миколаєві (4,7 м/с), характер поля полудневих значень швидкості вітру (12 UTC) відрізняється від поля нічних значень, мінімум спостерігається в Херсоні (1,1 м/с), а максимум на ст.АМСЦ - Одеса (5,3 м/с). Значення середнього квадратичного відхилення швидкості вітру коливаються від 1,1 до 1,9 м/с, з максимумом в Одесі та мінімумом в Херсоні. Характер географічного розподілу σ_x^2 в продовж доби посилюється до 2,1 м/с в Ізмаїлі, мінімальні значення спостерігаються в Херсоні.

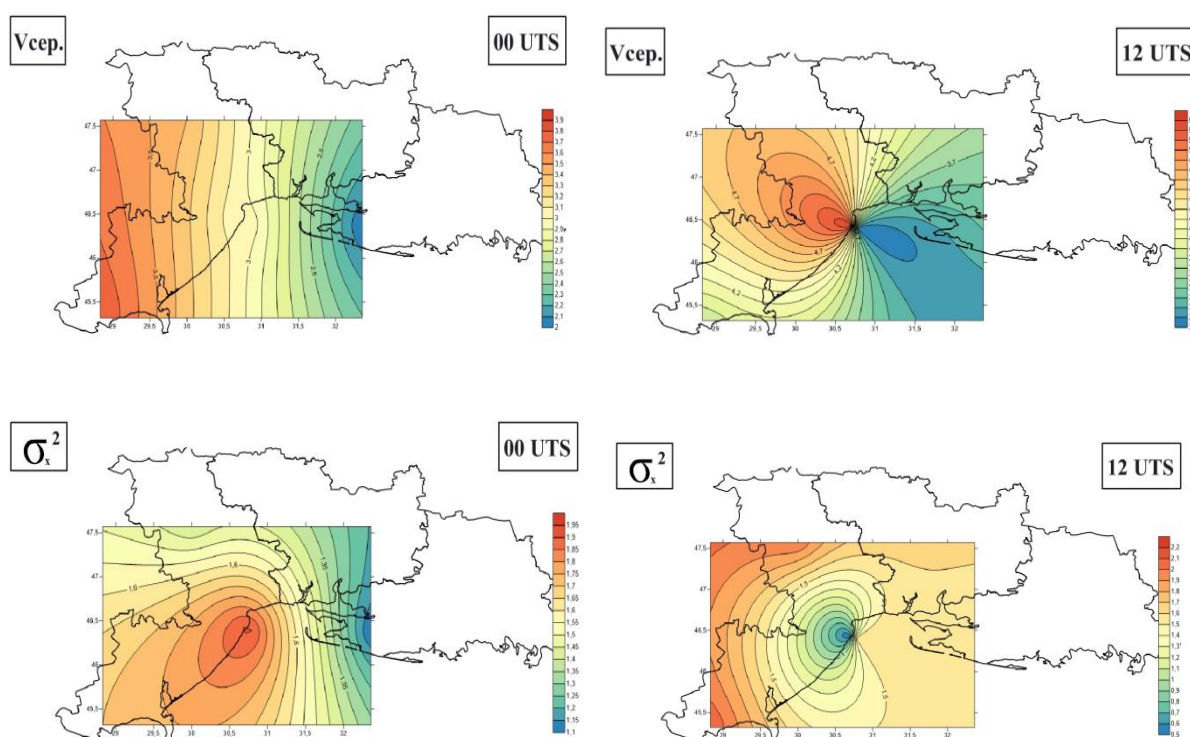


Рис. 2.10. Карта середніх ($V_{сер}$, м/с) значень швидкості вітру та її середній квадратичний відхил (σ_x^2 , м/с) над Північно-Західним Причорномор'ям у жовтні 2015-2019 рр.

Аналіз отриманих результатів статистичних рядів значень швидкості вітру на п'яти станціях південного регіону України показав, що на всіх станціях в досліджуваний період переважав слабкий вітер 1-4 м/с, що підтверджується

попередніми дослідженнями. Цей результат слід було очікувати, так як на всьому узбережжі спостерігається велика повторюваність слабого вітру і штилів.

На всіх станціях ексцес розподілу в більшості термінів має позитивний знак і варіює від помірного до сильного від зими-весни до літа-осені. Найбільших позитивних значень ексцес досягає у вечірній і нічний час, тобто розподіл швидкості вітру в цю частину доби відрізняється досить гострою вершиною. Про крутизні розподілу швидкості вітру в передранкові час в (січень, квітень, липень) можна судити орієнтовно, тому що величини коефіцієнта ексцесу приблизно дорівнюють помилок їх визначення.

Середня швидкість вітру змінювалася в залежності від сезону і часу доби. У нічні години в усі сезони спостерігалось зростання середніх значень швидкостей вітру зі сходу на захід-південно-захід. У денні години з південно-східної частини узбережжя на північно-західні райони Північно-Західного Причорномор'я.

Аналізовані значення швидкості вітру біля поверхні землі мають статистичні похибки $0,1-0,3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Швидкість вітру найбільш мінлива в жовтні, максимально в Миколаєві. Значення σ в 1,5-2 рази менше середніх швидкостей вітру. Добовий хід мінливості швидкості вітру виражений незначно.

3 УМОВИ ФОРМУВАННЯ СИЛЬНОГО ВІТРУ НАД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИМ ПРИЧОРНОМОР'ЯМ 2015-2019 РР.

3.1 Повторюваність та циркуляційні умови утворення сильного вітру на території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей

На півдні України вітер із значними швидкостями пов'язаний, головним чином, із зимовими синоптичними процесами. Вітер швидкістю 15 м/с і більше виникає при наявності стаціонарного антициклону над центром Європейської частини Росії (ЄЧР) і малорухомої депресії над Чорним морем, при проходженні улоговини на фоні сильного західного переносу, у глибоких циклонах, що переміщуються з півдня і північного заходу. На території України посилення південно-східного вітру відбувається на західній і південно-західній периферії стаціонарного антициклону або відрогу, який орієнтований зі сходу, при виході в район Карпат циклонів з південного-заходу [8,13].

Стійкі сильні вітри східної складової спостерігаються в південних областях України при наявності стаціонарного антициклону над центром ЄЧР і малорухливої депресії над Чорним морем, при проходженні улоговин на фоні сильного західного переносу, в глибоких циклонах, що переміщаються з півдня і північного заходу.

Сильні південно-західні та західні вітри на території півдня України відмічаються при переміщенні з заходу глибоких улоговин циклонів, які проходять по півночі ЄЧР в широтному напрямку. Сильний південно-західний вітер з переходом на північно-західний і північний, спостерігається при переміщенні «пірнаючих» циклонів і улоговин з північного-заходу. По мірі їх переміщення сильний вітер розповсюджується з північного-заходу на всю територію України. Вихід циклонів з південного-заходу або півдня іноді обумовлюють посилення вітру по всій території України. Значну роль в процесі посилення вітру відіграють рельєф місцевості, висота станції, її захищеність по відношенню до переважаючого потоку повітря.

Слід зазначити, що під впливом штормових вітрів перебувають виключно південні райони області, особливо станції, що знаходяться на узбережжі моря

та лиманів (Білгород-Дністровський, Усть-Дунайськ, порт Південний, Паромна Переправа) [3].

Досить нерівномірно розподіляються сильні вітри від сезону до сезону за роками. Найбільш часто сильний вітер дме з північного сходу, півночі та північного заходу. Ці напрямки характерні для переміщення циклонічних вихорів з південного заходу, коли в зоні впливу теплового фронту посилюється вітер північно-східний, а після проходження холодного фронту – північно-західний та північний [14].

На противагу цим напрямкам сильні вітри південні, південно-західні та західні спостерігаються рідше. Дуже сильні вітри 12.10.2016 р. мав східний напрямок (30 м/с) [11]. Сильний вітер над півднем України в основному відмічається при меридіональному типі циркуляції атмосфери (77,2%), на зональний тип циркуляції доводиться 22,8% від загальної кількості. Меридіональний тип циркуляції, в свою чергу, здебільшого представлений змішаною (24,6%) та західною (22,8%) формами. Дещо рідше спостерігалась центральна форма циркуляції (17,5%) та східна (12,3%). Всі випадки посилення вітру до $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ та більше пов'язані виключно з меридіональною циркуляцією різних форм [5]. Число індексу А.Л. Каца [6] коливається від 0,76 до 2,11. Таким чином можна вважати, що меридіональний характер циркуляції атмосфери створює сприятливі умови для посилень вітру у Північно-Західному Причорномор'ї до критерію сильного та дуже сильного.

Досліджуючи вплив баричних об'єктів на формування сильного та дуже сильного вітру, виділено основні типи синоптичних ситуацій, які спричиняли штормові умови у Північному Причорномор'ї. Посилення вітру до 15 м/с та більше протягом холодних сезонів пов'язано з виходом південних циклонів та в зоні взаємодії між антициклонами і циклонами. Загальною ознакою механізму виникнення південних циклонів є меридіональний характер макроциркуляційних процесів, які впливають на формування сприятливих для місцевого циклогенезу термодинамічних умов [5].

Всього на п'яти метеостанціях узбережжя за період 2015-2019 рр. виявлено 38 випадків з сильним вітром. Для аналізу синоптичних умов, які сприяють посиленню вітру над регіоном, використовувалась типізація синоптичних процесів запропонована в [1]. В ході дослідження для кожного типу і підтипу підрахована кількість випадків сильного вітру (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Кількість випадків сильного вітру (≥ 15 м/с) над Північно-Західним Причорномор'ям за 2015-2019 рр. та характеристика умов його виникнення

Пункт	Кількість випадків	$V_{\max}$, м/с	dd, румб.	dP/dn, гПа / 100 км	Підтип син. сит./к.в.
Ізмаїл	18	26	Пн-Зх, ПнСх	3,6	5.1 - 9 6.1 - 4 6.2 - 3 6.4 - 2
Одеса-ГМО	4	18	Сх	4,5	6,1 - 4
Одеса-АМСЦ	12	30	Пн, Пд-Зх	4,1	6,1 - 7 6,2 - 5
Херсон	-	-	-	-	-
Миколаїв	4	16	Пд, Пд-Зх	8,5	2,2 - 2 6,4 - 2
Всього	38				

На станції Ізмаїл повторюваність випадків сильного вітру складає 47,4%, що є максимальним значенням, а на станції Херсон випадки сильного вітру за 2015-2019 рр. не спостерігались (0%). На станціях Одеса-ГМО та Миколаїв кількість випадків сильного вітру однакова (10,5%), а на станції Одеса-АМСЦ кількість випадків складає 31,5 % (рис.3.1).

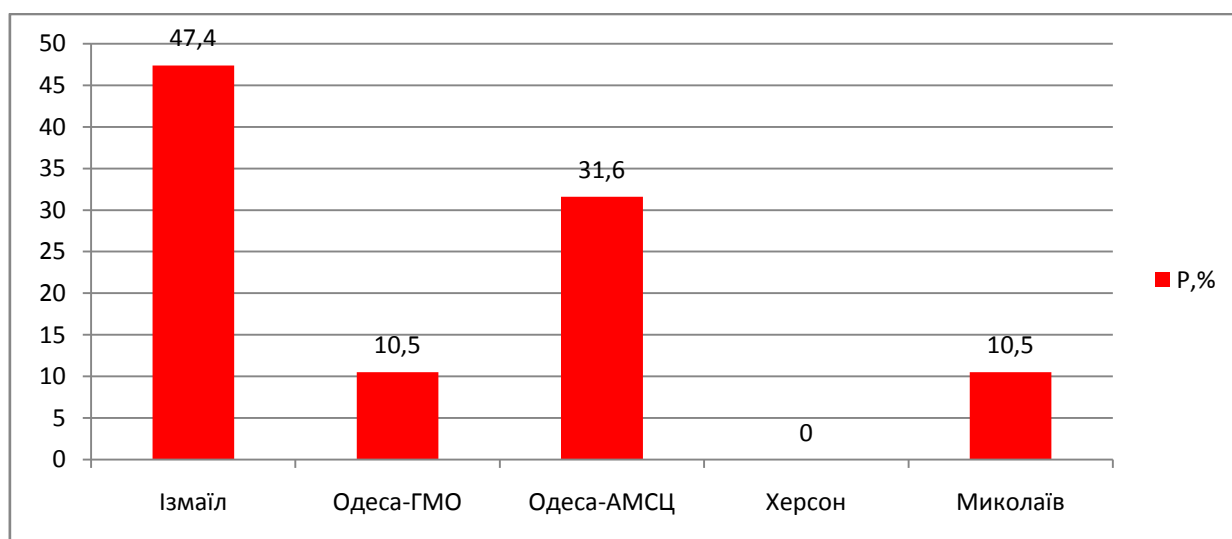


Рис. 3.1. Повторюваність випадків сильного вітру над станціями Північно-Західним Причорномор'ям за 2015-2019 рр.

В ході роботи виявилось, що жодного разу сильний вітер не виникав при у розмитих баричних полях (тип 4), отже, формуванню сильного вітру майже завжди сприяли типи 5 та 6.

Отже сильний вітер утворюється при синоптичних процесах, віднесених до 5 і 6 типу класифікації. Тип 5 - це периферійні атмосферні процеси з атмосферними фронтами.

Синоптичний тип 6, тобто циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами обумовлював більшість випадків сильного вітру, при чому відносна перевага припадала на підтип 6.1 і 6.2. Найрідше вітер посилювався при підтипі 2.2, 5,1 та 6.4.при чому відносна перевага припадала на підтип 6.1 і 6.2. Найрідше вітер посилювався при підтипі 2.2, 5,1 та 6.4 .

3.2 Вертикальний розподіл температури, швидкості та напрямку вітру при сильному вітрі над досліджуваної територією

Для аналізу аерологічної структури атмосфери при сильному вітрі відібрані чотири випадки з максимальним вітром за досліджуваний період, а саме: 12 жовтня 2016 р. на станції Одеса-ГМО - 18 м/с, 10 березня 2019 р. на ст. Одеса-АМСЦ-30 м/с, 18 січня 2018 року на ст. Ізмаїл - 26 м/с і 31 січня 2015 на ст. Миколаїв - 16 м/с. За даними реаналізу NCEP / NCAR зональної U і меридіональної V компонент вектора швидкості приземного вітру за період з 2015 по 2019 рр (Дод.В. рис. В.1-В.4) побудовано годографи вітру, вертикальні профілі температури повітря та вертикальні профілі зональної U і меридіональної V компонент вектора швидкості приземного вітру. Годограф зображує зсув вітру в навколишньому середовищі, який глибоко впливає на розвиток шторму. Кожна точка на годографі має компоненти u та v .

12 жовтня 2016 року посилення приземного вітру в районі станції Одеса-ГМО спостерігалось внаслідок формування потужної штормовий зони широтного напрямку між Балканським циклоном на півдні і областю високого тиску на північному заході ЕТР. За даними годографу (рис. 3.2-3.3) на ст. Одеса-ГМО вітер має виражену завихреність від поверхні землі до висоти 7 км. Значення зонального вітру коливалось від -16,1 до 1,5 м/с, напрямок вітру змінювався до висоти 5,5 км від східного до південно-східного за

годинникової стрілкою, а далі з висотою з південно-східного на північний. Тобто відзначалася горизонтальна адвекція тепла в нижніх та середніх шарах тропосфери. Вище 7000 м напрямок вітру змінюється з північного на північно-східний та збільшується швидкість вітру. Також спостерігався горизонтальний зсув вітру в шарі від 10 до 4200 м. Профілі вітру на рисунку 3.4 мають максимум на висоті 1000-1500 м, де швидкість вітру становила 17 м/с, при південно-східному напрямку. Тобто можливо припустити наявність

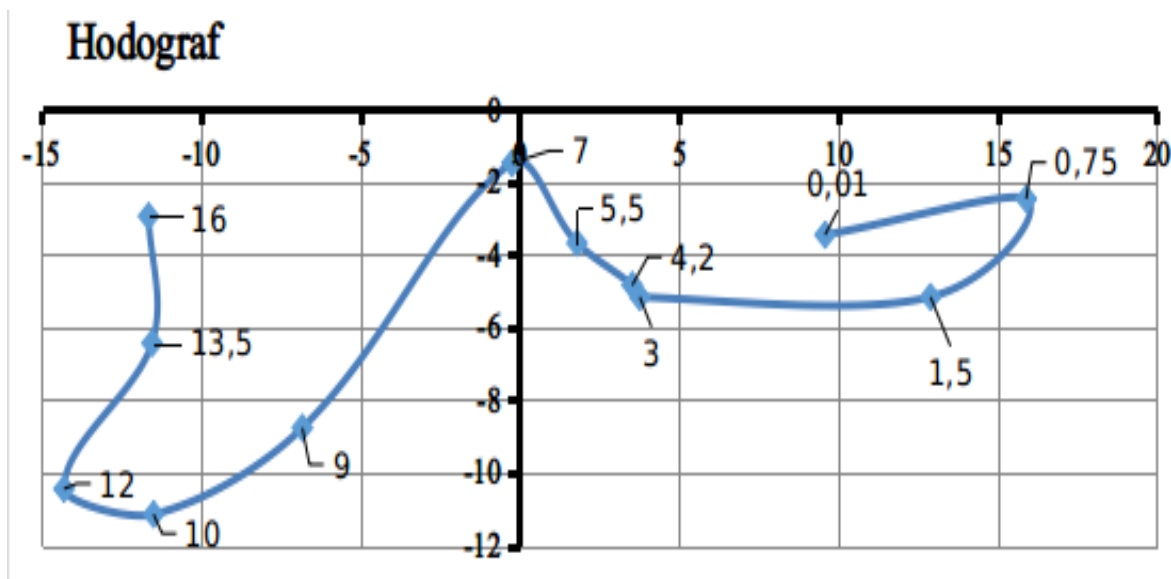


Рис. 3.2. Годограф зонального вітру на ст. Одеса-ГМО. 12.10.2016 р.

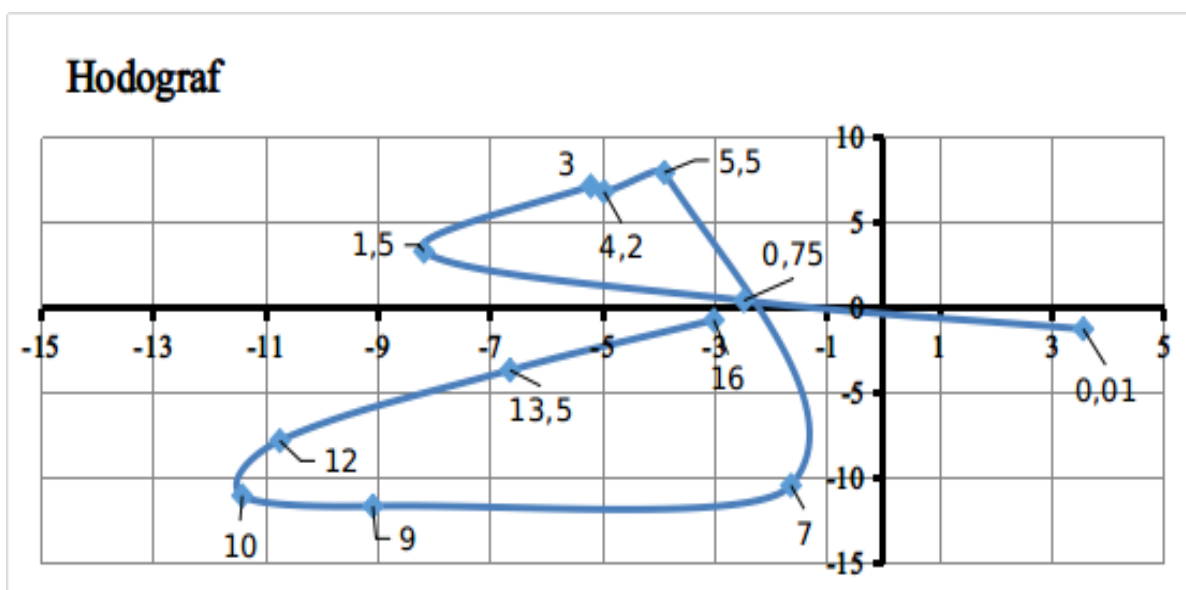


Рис. 3.3. Годограф меридіонального вітру на ст. Одеса-ГМО. 12.10.2016 р

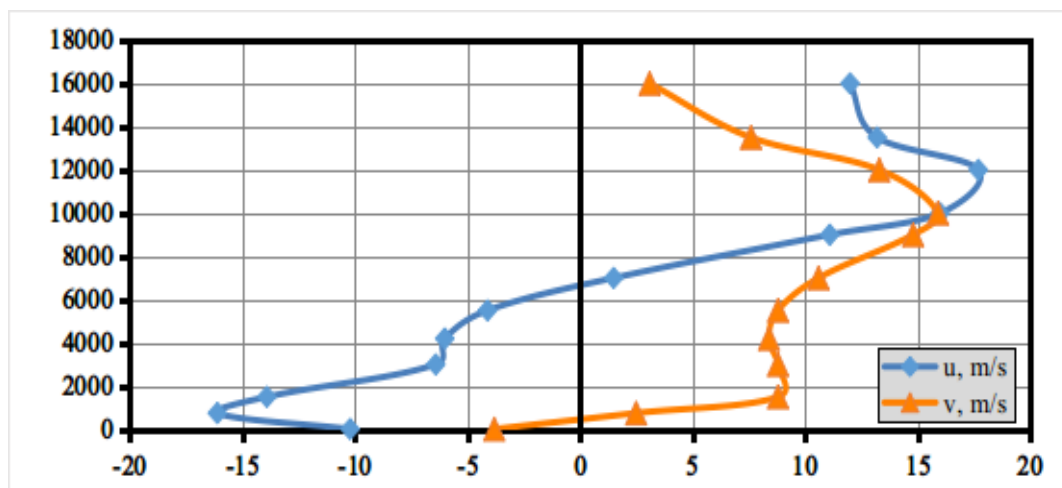


Рис. 3.4. Вертикальний профіль зонального та меридіонального вітру
наст. Одеса-ГМО. 12.10.2016 р.

струменевої течії нижнього рівня, яке і обумовлювала зсув вітру в цьому шарі. За даними графіка вертикального розподілу температури (рис. 3.5) температура повітря зменшувалась з висотою і тільки в районі тропопаузи на висоті 11-12 км спостерігалася стратосферна інверсія.

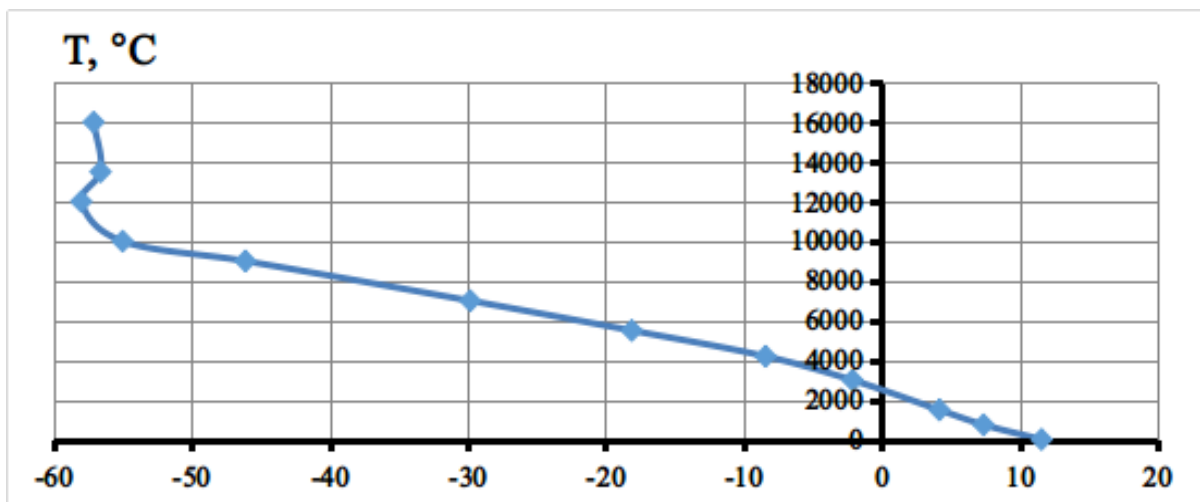


Рис. 3.5. Вертикальний профіль температури повітря на ст. Одеса-ГМО.
12.10.2016 р

Температура від поверхні землі до висоти 4000 м коливалася від 11,6 °C до -8,4 °C, у верхніх шарах атмосфери - від -18,1 °C до -58,0 °C.

На метеорологічній станції Одеса-аеропорт 10 березня 2019 року посилення вітру до значень СМЯ II (30 м/с) відбулося при проходженні фронту оклюзії.

Годограф (рис. 3.6-3.7) на ст. АМСЦ-Одеса не має вираженої завихреності. Значення зонального вітру коливалось від 9,6 до 31,4 м/с, напрямок вітру змінюється від південно-західного на північно-західний (завихреність за годинниковою стрілкою) та з висотою збільшується швидкість вітру. Меридіональний вітер мав слабо виражену завихреність в верхніх шарах атмосфери від 600 гПа до 100 гПа, його значення коливались від -10,3 до 1,0 м/с, тобто спостерігалася адвекція холоду у верхній тропосфері.

Зсув як зонального так і меридіонального вітру простежувався на висоті 8-10 км, що свідчить про наявність струменевої течії в даному районі (рис. 3.8). Температура повітря знижувалась з висотою і тільки в районі тропопаузи на висоті 10-14 км спостерігався інверсійний розподіл температури.

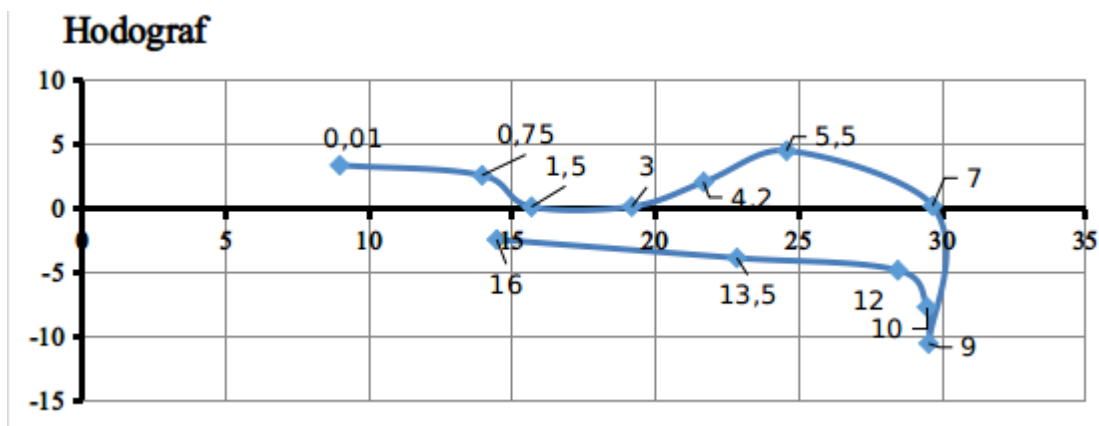


Рис.3.6. Годограф зонального вітру на ст. АМСЦ-Одеса.10.03.2019 р

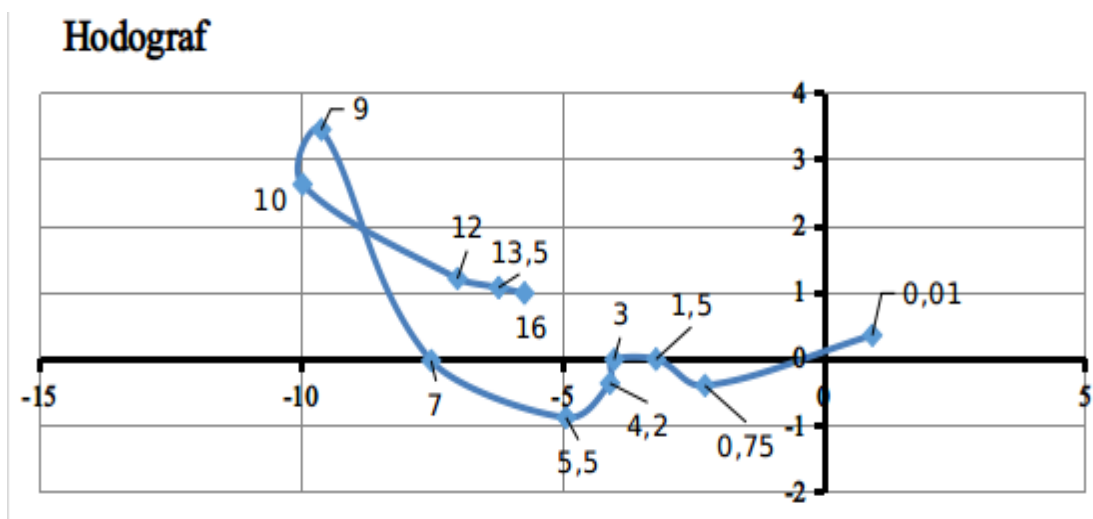


Рис. 3.7. Годограф меридіонального вітру на ст. АМСЦ-Одеса
10.03.2019 р

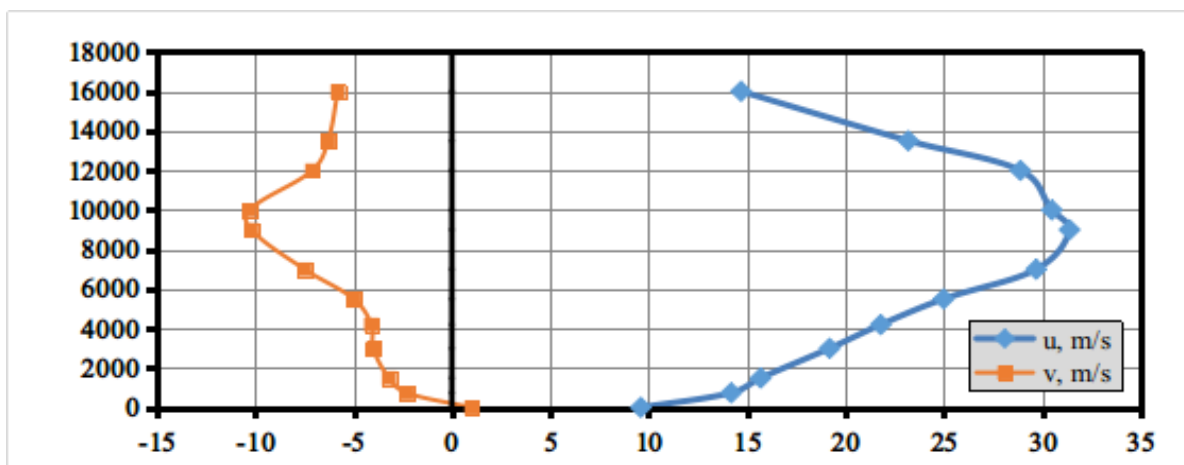


Рис. 3.8. Вертикальний профіль зонального та меридіонального вітру на ст. АМСЦ-Одеса. 10.03.2019 р.

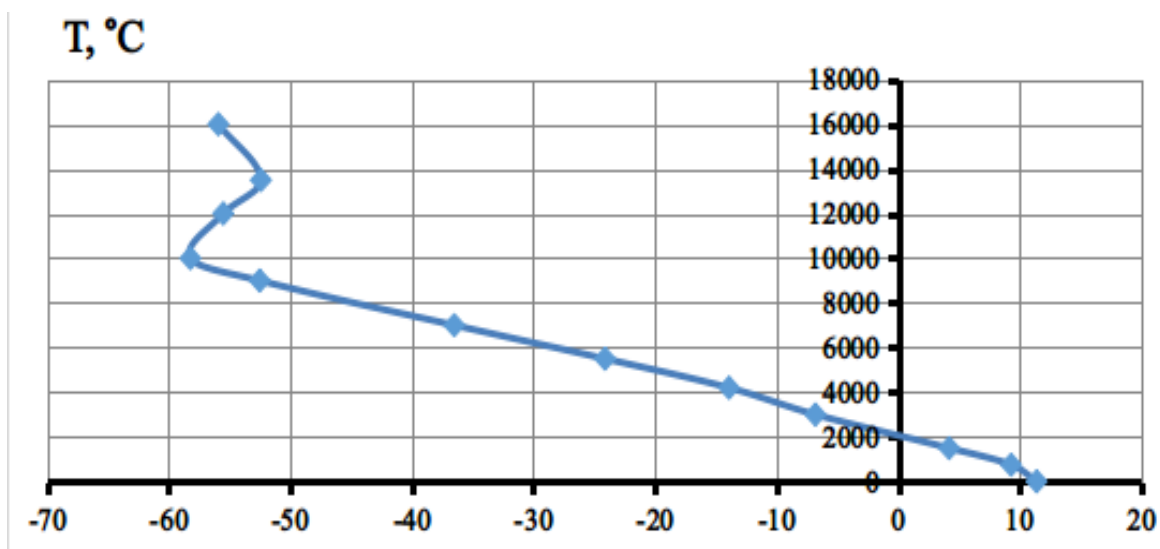


Рис.3.9. Вертикальний профіль температури повітря на ст. АМСЦ-Одеса 10.03.2019 р.

31 січня 2015 року на станції Миколаїв під впливом активної штормовий зони з великими баричними градієнтами ($\partial P / \partial n \approx 3,8$ гПа/111 км) спостерігалось збільшення швидкості вітру до 16 м/с.

За даними годографа (рис.3.10) зональний вітер поступово посилювався з висотою і не мав завихреності. Відзначався правий поворот вітру, що характерно для адвекції тепла. Його значення при південно-західному напрямку змінювалися від 5,1 до 26,8 м/с. Годограф меридіонального вітру на ст. Миколаїв (рис. 3.11) мав виражену завихреність від висоти 1,5 км до висоти 16 км. Значення меридіональної компоненти швидкості вітру коливалося від 13,2 до 24,3 м/с до 9 км, а з висоти 10 км до 16 км - від 23,8 до 7,1 м/с, відповідно.

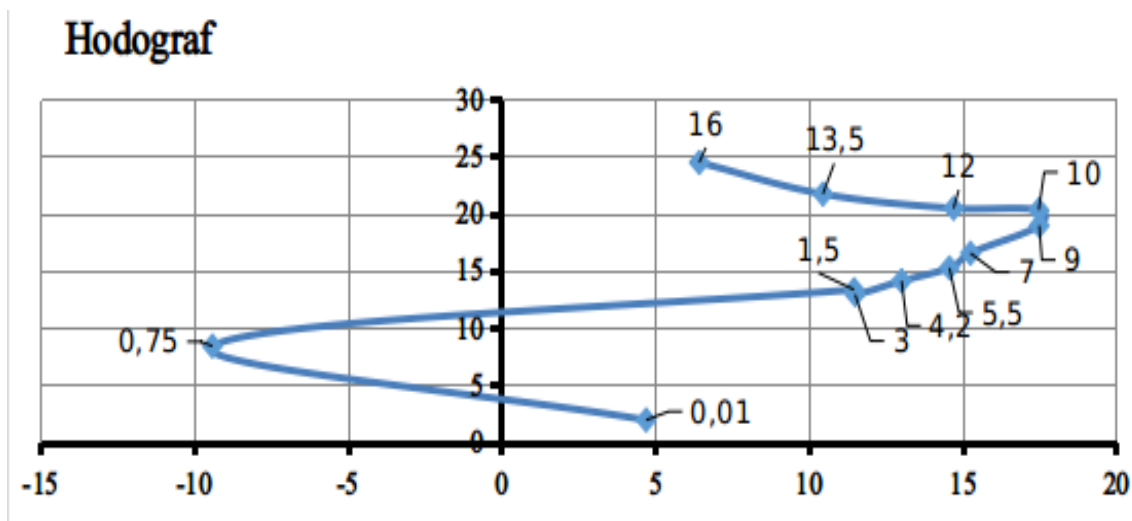


Рис. 3.10. Годограф зонального вітру на ст. Миколаїв. 31.01.2015 р.

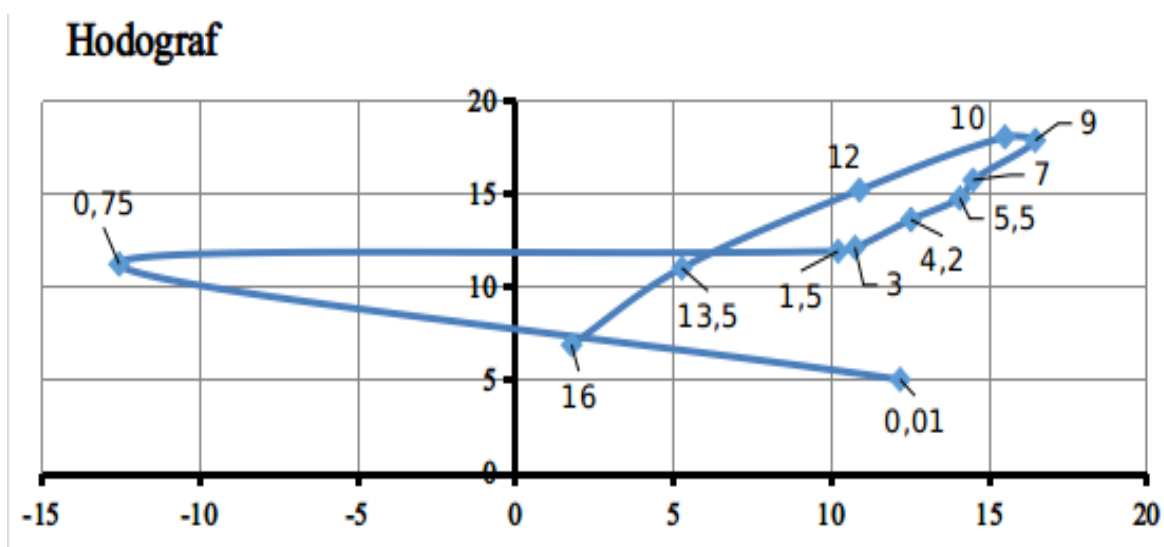


Рис. 3. 11. Годограф меридіонального вітру на ст. Миколаїв. 31.01.2015 р.

Вертикальний розподіл зональної і меридіональної складових вітру мали подібні профілі (рис. 3.12). Профілі показують максимум на висоті 1800- 2000 м - 16 і 18 м/с для меридіональної і зональної компонент швидкості, відповідно, в цьому ж шарі відзначався зсув вітру, що говорить про наявність мезоструї. В районі тропопаузи вітер посилювався на висоті 9 - 10 км до 24-27 м/с.

Графік (3.13) показує лінійний характер розподілу температури з висотою з наявністю шару інверсії на висоті 10-14 км. Температура повітря змінювалася від 12,6°C до -60,7 °C.

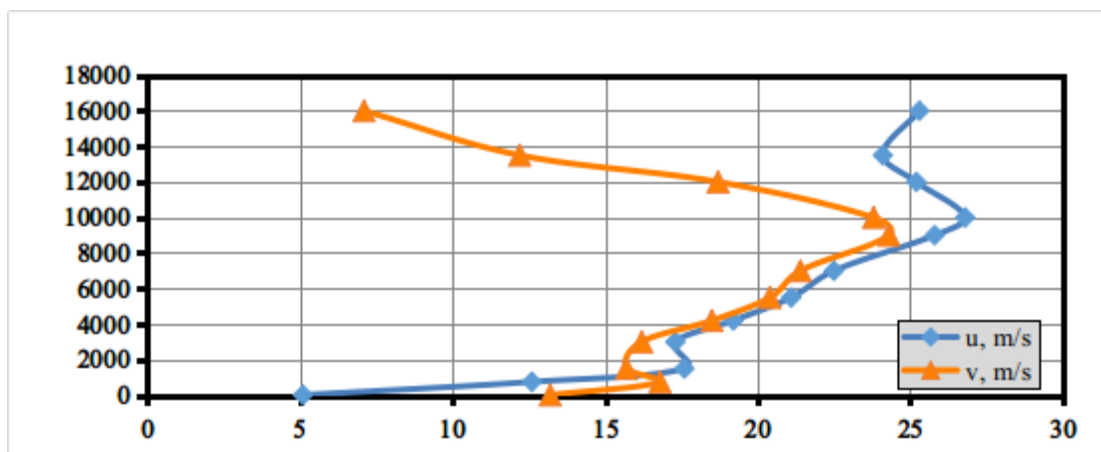


Рис. 3.12. Вертикальний профіль зонального та меридіонального вітру на ст. Миколаїв. 31.01.2015 р.

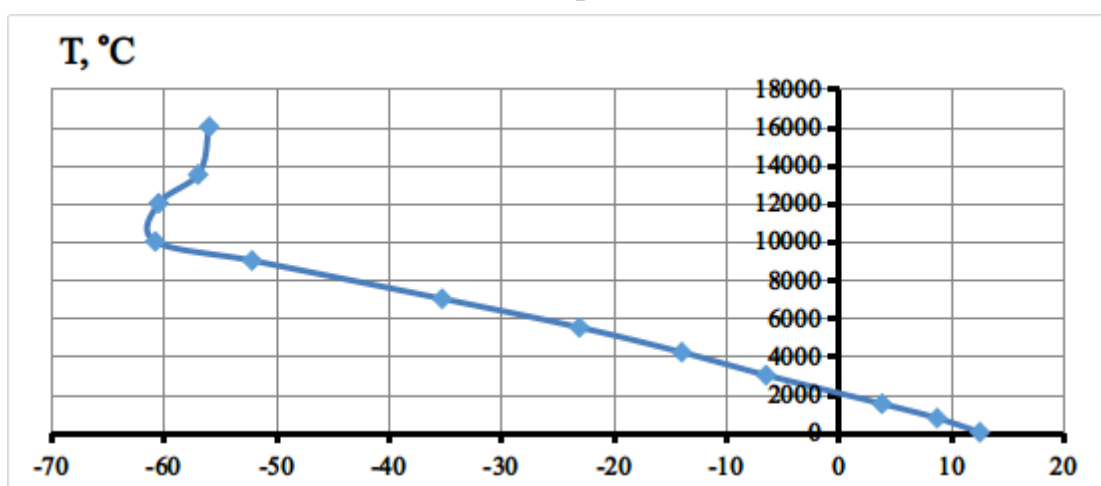


Рис. 3.13. Вертикальний профіль температури повітря на ст. Миколаїв. 31.01.2015 р.

В Ізмаїлі 18 січня 2018 року посилення приземного вітру до значень 26 м/с (СМЯ II) відбулося внаслідок виходу південного циклону на територію Одеської області. За рисунком 3.14 годограф на ст. Ізмаїл мав незначну завихреність від висоти 4,2 до 7 км. Значення зонального вітру від поверхні землі до висоти 5,5 км коливалось від 7,2 до 3,2 м/с, а з 7 км до 16 км від 4 до 22,2 м/с, відповідно. Напрямок вітру змінювався від західного на південно-західний (завихреність проти годинниковою стрілкою). У нижній тропосфері до висоти 3 км спостерігалася адвекція теплого вологого повітря, а вже в середній тропосфері на висоті 5 км - заток холодної повітряної маси. Годограф меридіонального вітру на ст. Ізмаїл показує сильно виражену завихреність від поверхні землі до висоти 7 км (рис. 3.15). Значення швидкості вітру від поверхні землі до висоти 5,5 км коливались від -12,2 до 1,9 м/с, з висоти 7 км

до 16 км від 6,3 до $-4,7$ м/с, тобто спостерігався лівий шторм і посилення адвекції холоду з висотою.

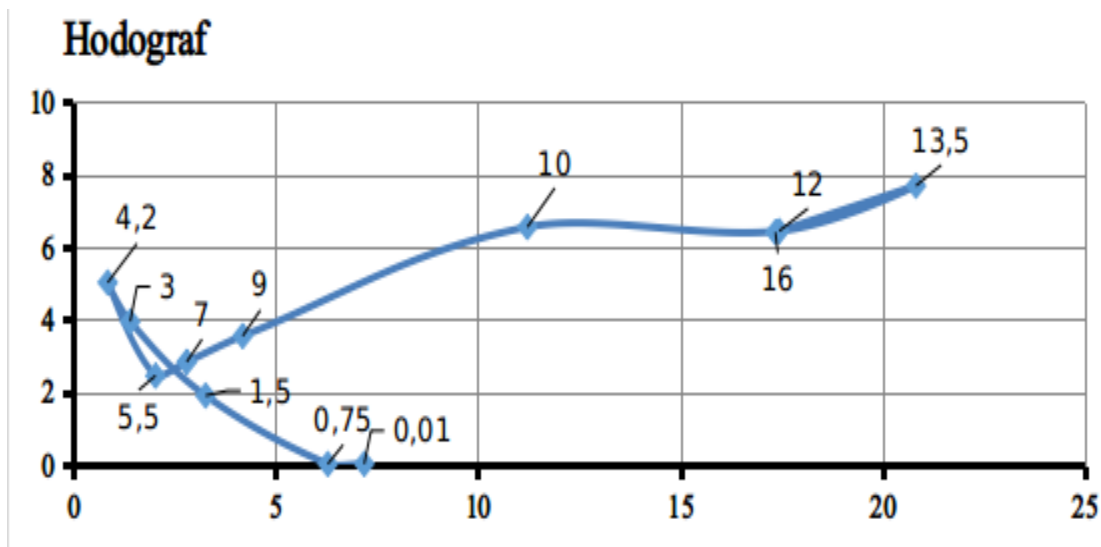


Рис. 3.14. Годограф зонального вітру на ст. Ізмаїл. 18.01.2018 р.

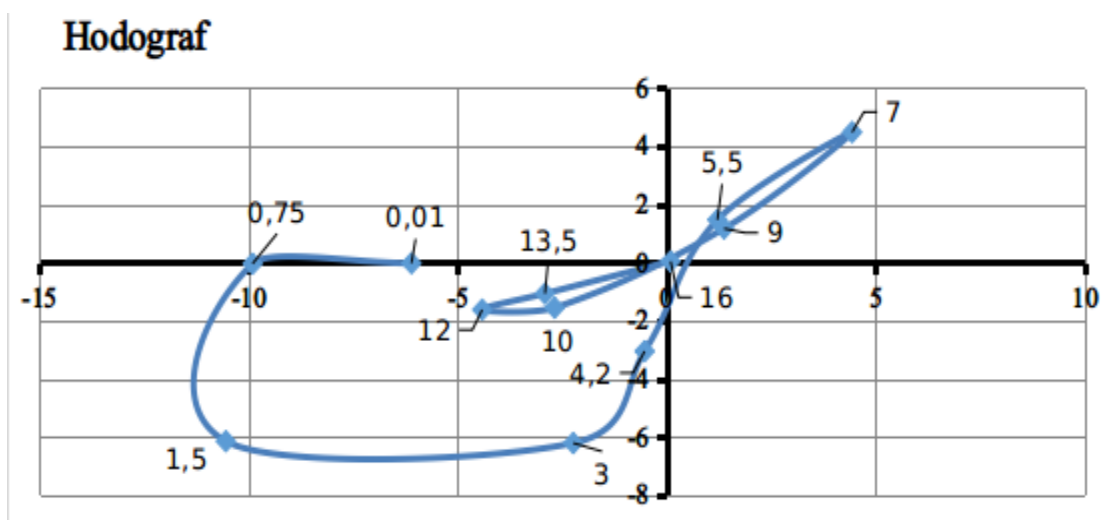


Рис. 3.15. Годограф меридіонального вітру на ст. Ізмаїл. 18.01.2018 р.

За даними рисунка 3.16 максимальний меридіональний вітер спостерігався у шарі від поверхні Землі до 1,5 км і склав $-12,2$ м/с та на висоті 7 км - 6,3 м/с. Найбільше значення зонального вітру відзначається на висоті 13 км - 22,2 м/с. Наявність піку швидкості в приземному шарі і поступове зменшення швидкості вітру з висотою, вказує на формування струменевої течії нижнього рівня в даному районі.

Температура від поверхні землі до висоти 10 км змінювалась від $3,1^{\circ}\text{C}$ до $-53,1^{\circ}\text{C}$, у верхніх шарах атмосфери у шарі інверсії температура коливалось від $-48,8^{\circ}\text{C}$ до $-53,9^{\circ}\text{C}$ (рис. 3.17).

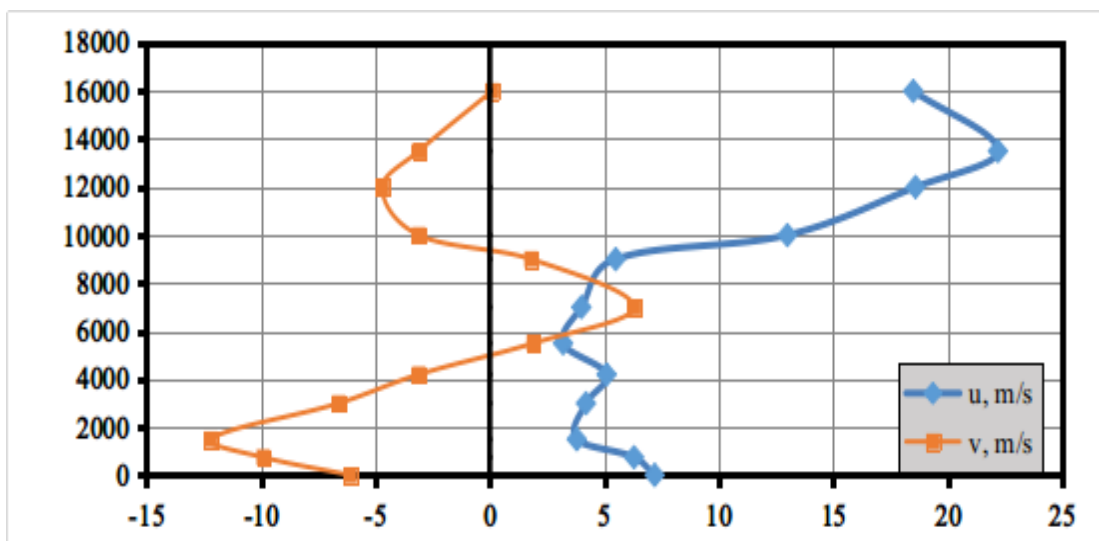


Рис. 3.16. Вертикальний профіль зонального та меридіонального вітру на ст. Ізмаїл. 18.01.2018 р.

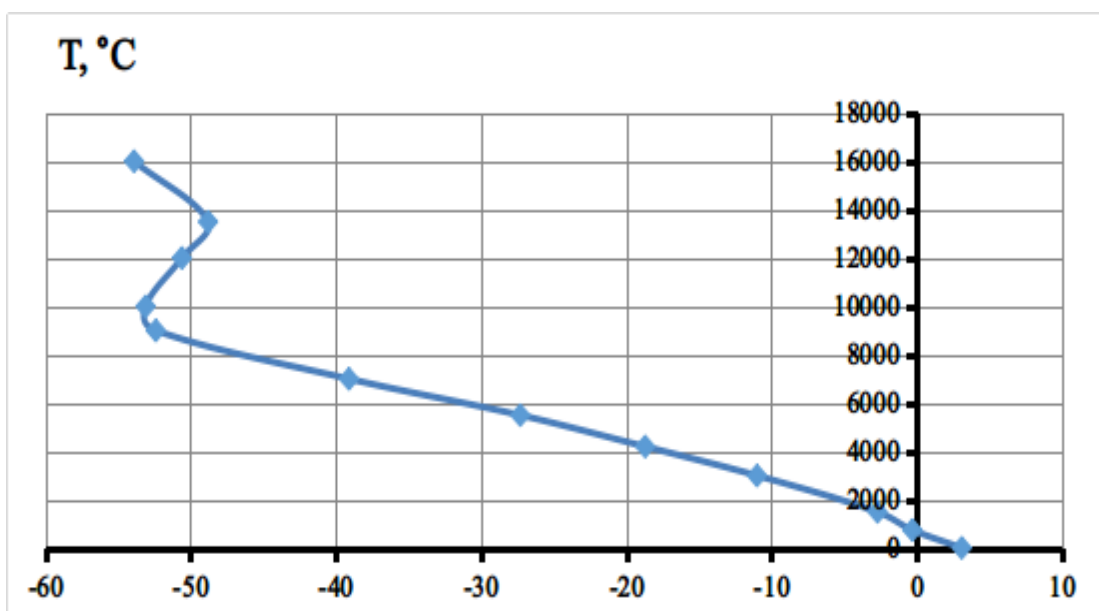


Рис. 3.17. Вертикальний профіль температури повітря на ст. Ізмаїл. 18.01.2018 р.

Таким чином, у всіх чотирьох розглянутих випадках посилення вітру до значень стихійного явища за даними годографа і вертикальними профілями компонент швидкості вітру спостерігався зсув вітру в нижніх шарах тропосфери і мезоструя. Тобто репрезентативний годограф у поєднанні з профілем вітру та температури повітря може значно покращити навички прогнозу.

3.3 Синоптичні умови виникнення сильного вітру 22-24 лютого 2020 р.

22 лютого 2020 року територія України перебувала під впливом гребеня азорського антициклону, центр якого знаходився в районі Піренейського півострова. Тиск у центрі складав 1030 гПа. Над Малою Азією розташовувалась двохцентрова зона зниженого тиску, основний центр якої спостерігався над Кіпром. Тиск у центрі циклону - 1012,5 гПа, другий центр знаходився над східною частиною Чорного моря з тиском 1015 гПа. (рис. 3.18). Відзначалися вітри північного та північно-західного напрямку зі швидкістю 3-5 м/с. Над північною територією Європи простежувався потужний циклон з

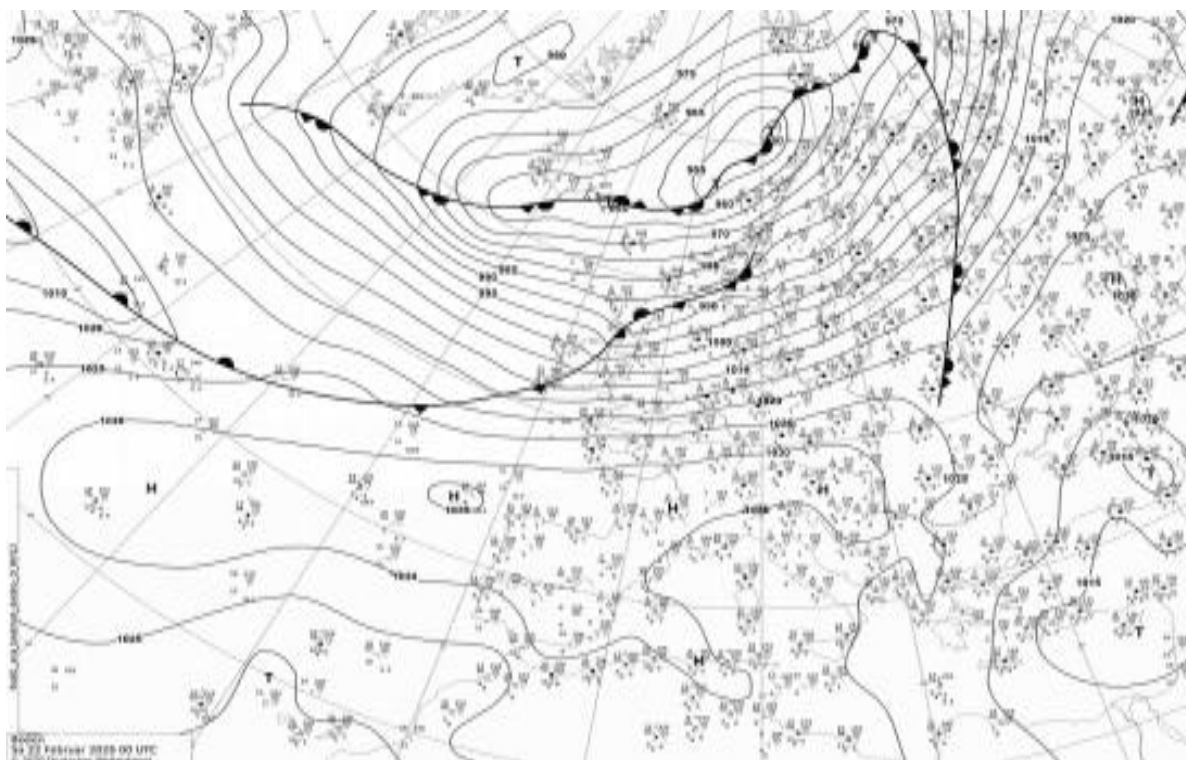


Рис. 3.18. Приземний аналіз за 22.02.2020 р.[18]

центром над Норвезьким морем, окреслен 15 ізобарами з мінімальним тиском у центрі 950 гПа. Цей циклон є високим баричним утворенням, оскільки простежується і на карті ВТ-500/1000 (рис. 3.19 а). Центр циклону на висотній карті спостерігається над північною частиною Гренландії, де геопотенціал в центрі складає 476 гп дам. Такі термічні і динамічні умови в тропосфері привели до формування інтенсивної штормовий зони вище 50⁰ пн.ш.

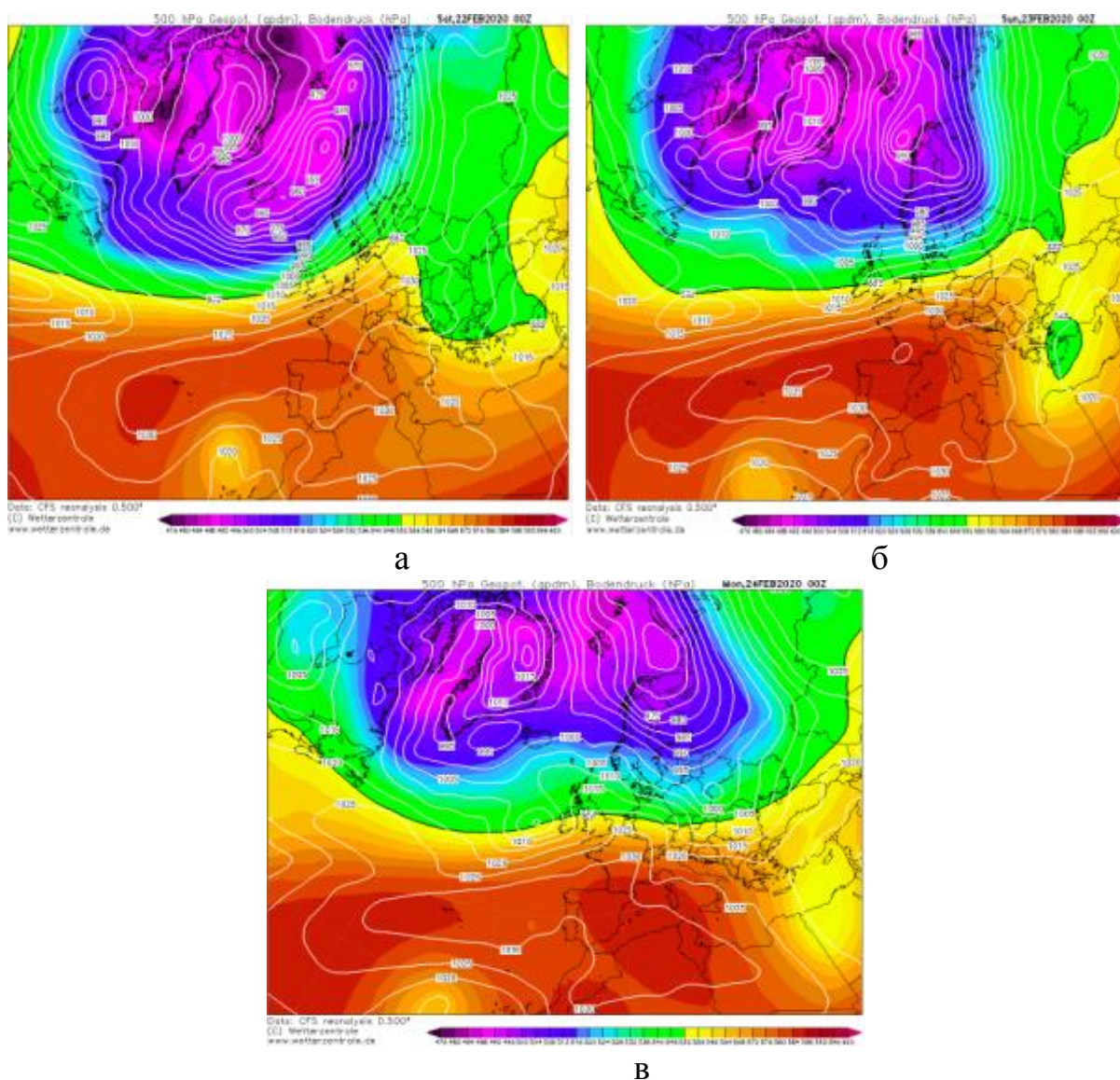


Рис. 3.19. Карты ВТ500/1000 за 22.02.2020 р. (а), за 23.02.2020 р. (б), за 24.02.2020 р. (в) [18]

У наступну добу 23.02.2020 року погода над Європейським регіоном характеризувалась потужним циклоном з центром над Норвезьким морем (рис. 3.4 а).

Циклон зміщувався у південно-східному напрямі, тиск в центрі складав 955 гПа. На території України спостерігалась тенденція зниження тиску в середньому на 2,8 гПа. Вітер мав західний, південно-західний напрям зі швидкістю 5 м/с. З 22 по 24 лютого в середній тропосфері спостерігалася адвекція холодного арктичного повітря(рис. 3.19).

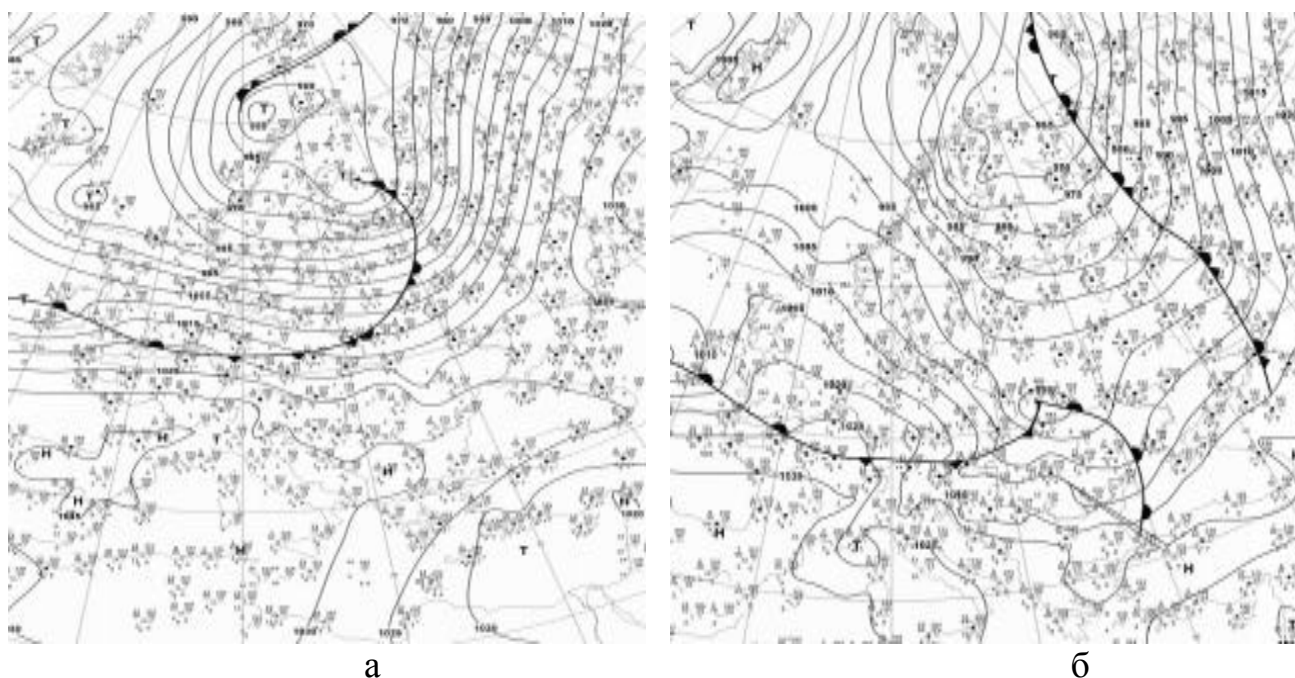


Рис. 3.20. Приземний аналіз за 23.02.2020 р.(а) та 24.02.2020 р.(б) [18]

У середині доби 24 лютого 2020 року циклон поширився на південний схід та охоплював всю територію Східної Європи та Скандинаві. Над територією південно-західної Європи (рис. 3.20 б). спостерігалось поле високого тиску. Територія України знаходилась під впливом улоговини циклону з центром над Норвезьким морем та тиском у центрі 965 гПа, також спостерігалась тенденція зниження тиску в середньому на 3,7 гПа. Вітер західного та південно-західного напрямку зі швидкістю 16 м/с. Градієнти тиску в районі Одеси перевищували 2,5 гПа / 100км. Також спостерігалось проходження теплої гілки полярного фронту над Одесою, що і призвело до посилення вітру до значень СМЯ II (стихійного метеорологічного явища) - 31 м/с.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи отримані наступні результати:

1. Над всієї території Північно-Західного Причорномор'я простежується чіткий річний хід швидкості вітру – до найбільших величин вона зростає у січні-лютому, а найменших досягає у серпні. Порівняння періодів 1961-1990 та 2015-2018 рр. виявило послаблення амплітуди річного ходу на 0,7-1,2 м/с за винятком метеостанції Миколаєв та АМСЦ-Одеса. На цих станціях амплітуда річного ходу зросла на 0,2-0,6 м/с.

2. Розподіл вітру за градаціями демонструє значне переважання слабого вітру (1-4 м/с) на території Одеській та Херсонській областей, їх частка складала 70-80 %. У Миколаєві цей показник був значно менше – 50,2 %.

3. Визначено, що при збереженні переважання вітру північний та північно-західний чверті на більшості станцій суттєвих змін в напрямку вітру не виявилось.

4. Значення СКВ на станціях дослідження в 1,5-2,0 рази менш ніж середні швидкості вітру. Асиметрія розподілу швидкості вітру виявилася сильною ($A > 0,50$) над всіма станціями внаслідок значної частки слабого вітру (від 70 до 90 %).

5. У період 2015-2019 рр. виявлено 38 випадків сильного вітру (≥ 15 м/с). Сильний вітер виникав переважно при вторгненні циклонів і проходженні атмосферних фронтів (75,2 %), а також в штормовій зоні великим баричними градієнтами (24,8 %). Найчастіше сильний вітер на Одещині утворювався на станціях Ізмаїлі (47,4 %) і на ст. Одеса-АМСЦ (31,6 %).

6. Отримано, що у всіх розглянутих випадках посилення вітру до значень стихійного явища спостерігався зсув вітру в нижніх шарах тропосфери і мезоструя.

7. 24 лютого 2020 р. переміщення інтенсивної улоговини зниженого тиску і пов'язаного з нею полярного фронту стало причиною посилення вітру в районі Одеси до критеріїв СМЯ II, а саме до 31 м/с.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Івус Г. П., Агайар Э.В. Фізико-статистичний аналіз і прогноз слабого вітру та інверсій температури над територією Північно-Західного Причорномор'я. Одеса: ТЕС. 2018. 201 с.
2. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
3. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б., Агайар Е. В., Дмитренко А. П. Синоптичні процеси при утворенні низькотропосферних течій над півднем України у тепле півріччя. Вістник ОДЕКУ. 2017. № 21. с.29-38
4. Казаков А.Л. Об использовании различной информации по ветру в прикладных исследованиях // Метеорологія, гідрологія та кліматологія. 2005. Вып. 49. С. 190-203.
5. Кононова Н. К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому //отв. ред. А. Б. Шмакин, Российская акад. наук, Ин-т географии. М. : Воентехиниздат. 2009. 372 с.
6. Кац А. Л. Индекс циркуляции как показатель зональных и меридиональных синоптических процессов // Метеорологія и гидрологія. 1959. № 5. С. 3
7. Клименко Л. В. Синоптико-климатическая типизация атмосферных процессов и её каталог // М: МГУ им. М. В. Ломоносова. 1976. 106 с.
8. Клімат України / За ред. В.М. Липінського. К.:Видавництво Раєвського, 2003.343 с.
9. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.)/ Державна гідрометеорологічна служба та ін. – УНДГМІ – ЦГО, Київ, 2006. [Електронний ресурс].
10. Кобышева Н. В., Наровлянский Г. Я. Климатическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат. 1978. 296 с.
11. Ліхачев А. Д. (наук. кер. к.г.н. Агайар Е. В.). Умови формування сильного вітру над Північно-Західним Причорномор'ям 2015-2019 рр.\ Збірник статей за матеріалами XIX наукової конференції молодих вчених 25-29 травня 2020 р.. ОДЕКУ.2020. С. 292-294.
12. Попова Л.О., Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Зміна швидкості та напрямку вітру над Одеською областю. In: Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення: III міжнародна наукова конференція мо-

лодих вчених, 21-23 березня 2018 р., Україна, м. Одеса. ОДЕКУ. 2018. с.185-186.

13. Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н. Режим ветра над побережьем и шельфом северо-восточной части Черного моря // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. 2008. Вип. 257. С. 84-105. <http://uhmi.org.ua/pub/np/257/Repetin.pdf> (дата звернення 10.09.2019 р.)

14. Смекалова Л.К., Швер Ц.А. Климат Одессы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 174 с.

15. Школьный Є.П. Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник / Є.П. Школьный, І.Д. Лоева, Л.Д. Гончарова; під ред. Є.П. Школьного. Одеса : Міносвіти України. 1999. 600 с.

16. IvusG.P., AhayarE.V. HorskaL.M. Semerhey-ChumachenkoAB, ZubkovychS.O..Classification of macrocirculation processes of the northwest Black sea region, which contribute to surface wind strengthening\ Bul. J. Meteo & Hydro 21/1-2,2016. с. 51-60.

17. Stuart, N. A., and R. Grumm Using Wind Anomalies to Forecast East Coast Winter Storms\ Bull. Amer. Meteor. Soc., 2006. V.21. PP.952-968,

18. URL:.<http://www.wetterzentrale.de>(дата звернення 02.02.2020 р.)

19. URL:.<http://rp5.ua/Погода в мире>.(дата звернення 5.09.2019 р.)

20. URL:.<http://www.odessa.co.ua/odessa/?p=map&type=3>.(дата звернення 10.09 .2019 р.)

21. Електронна база кліматичних даних.

URL:<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP->

[NCAR/.CDAS-1/.DAILY/Diagnostic+.above_ground+.u](http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/Diagnostic+.above_ground+.u) (дата звернення 11.09.2020 р.)

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
студенту 2 курсу гр. МЗМ-19 Ліхачову А. Д.
до кваліфікаційної магістерської роботи на тему

«Сучасний вітровий режим Північно-Західного Причорномор'я»

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Агайар Е. В. у рамках науково-дослідних робіт «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532) та «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною», № ДР 0120U100487 (2020-2024 рр.).

Зав. кафедрою

метеорології та кліматології



доц. Прокоф'єв О. М.

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми наукових робіт, автор, керівник роботи)	Кількість кредитів
Наукові статті	
Університетські конференції, семінари, гуртки	
1. Конференція молодих вчених ОДЕКУ 25-19 травня 2020 р. Тема доповіді: Умови формування сильного вітру над Північно-Західним Причорномор'ям 2015-2019 рр.	0,75 0,25
2. Наукові гуртки та семінари 2019 р.	
Опубліковані тези конференцій:	
1. Ліхачов А. Д. (наук. кер. к.г.н. Агайар Е. В.). Умови формування сильного вітру над Північно-Західним Причорномор'ям 2015-2019 рр. \ Збірник статей за матеріалами XIX наукової конференції молодих вчених 25-29 травня 2020 р.. ОДЕКУ. 2020. С. 292-294.	0,25
Участь у виконанні НДР	
1. «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532)	0,20
2. «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною», № ДР 0120U100487 (2020-2024 рр.).	0,20
Конкурсні роботи:	
1. Конкурс наукових робіт серед студентів ОДЕКУ за напрямком географічні науки (гідрометеорологія) у жовтні-листопаді 2019 рр., ОДЕКУ, м. Одеса:	0,25
2. Конкурс наукових робіт серед студентів ОДЕКУ за напрямком географічні науки (гідрометеорологія) у листопаді 2020 рр., ОДЕКУ, м. Одеса:	0,25
ВСЬОГО	2,15

Додаток Б

Таблиця Б.1 - Середньомісячна швидкість вітру над Північно-Західним
Причорномор'ям за 2015 -2019 рр.

Рік	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Одеса-ГМО												
2015	3,0	3,4	3,4	3,1	2,3	2,0	2,0	2,4	2,6	4,0	3,2	2,7
2016	3,5	2,9	2,9	2,4	2,4	2,1	1,9	1,9	2,4	4,2	3,3	2,1
2017	3,6	3,2	2,8	3,3	2,2	2,1	2,0	1,8	3,6	3,2	3,8	2,6
2018	3,6	3,9	3,1	2,4	2,1	2,2	1,6	1,9	2,0	2,4	4,2	3,0
2019	3,5	3,7	3,0	2,9	2,1	2,2	1,9	1,8	2,1	2,2	4,0	2,1
АМСЦ-Одеса (Застава)												
2015	3,9	4,2	4,0	5,1	3,5	3,8	3,5	3,4	3,4	3,1	4,1	3,4
2016	3,9	4,3	4,3	3,8	3,1	3,4	3,5	4,1	3,4	4,6	4,4	4,5
2017	4,8	4,1	4,1	4,8	3,5	3,6	3,8	3,8	3,6	4,2	3,8	4,1
2018	4,2	4,5	4,6	3,8	3,3	3,6	3,2	3,2	3,6	3,9	4,2	3,9
2019	4,5	4,6	4,3	4,5	3,2	3,5	3,4	3,4	3,5	3,9	4,0	4,3
Херсон												
2015	3,1	3,4	3,4	3,2	2,2	2,8	2,2	2,9	2,5	2,4	3,3	3,0
2016	2,6	3,2	3,6	3,2	1,9	2,0	2,1	2,8	2,2	2,5	3,1	3,3
2017	3,2	3,1	3,0	2,7	2,5	2,2	2,3	2,7	2,5	3,0	2,8	2,7
2018	3,2	3,3	3,5	2,8	2,5	2,1	2,0	2,5	2,6	2,7	3,2	2,5
2019	3,2	3,4	3,4	2,9	2,4	2,0	1,9	2,6	2,4	2,8	3,0	2,4
Миколаїв												
2015	4,5	4,2	4,6	5,2	3,9	3,8	3,3	3,8	4,1	3,5	4,4	4,0
2016	4,2	4,3	4,8	4,5	3,2	3,7	3,6	3,6	2,6	4,2	2,6	4,0
2017	3,4	4,2	4,2	5,0	3,9	3,4	3,6	4,0	4,1	4,5	4,2	4,8
2018	4,4	4,5	4,9	4,5	4,0	3,9	3,4	3,7	3,8	4,4	4,4	4,5
2019	4,5	4,6	4,8	5,0	4,2	4,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,1	4,3
Ізмаїл												
2015	4,6	4,9	4,7	5,3	3,8	4,3	3,9	4,2	4,7	4,2	4,5	3,5
2016	4,7	4,5	4,2	3,8	3,5	3,7	3,9	4,9	3,7	4,5	4,4	5,0
2017	5,4	4,8	5,3	5,1	3,6	3,6	3,9	4,3	4,5	4,3	3,6	3,9
2018	4,0	4,8	4,0	4,0	4,0	3,4	3,1	3,6	4,2	4,1	4,6	4,3
2019	5,1	5,0	4,9	4,1	3,6	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,3	4,8

Таблиця Б.2 - Кількість (%) штилів над Північно-Західним Причорномор'ям за 2015-2019 рр.

Період	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Одеса-ГМО												
2015-2019	3,2	2,8	2,9	3,4	5,9	6,4	8,4	8,3	4,8	4,4	3,4	2,3	4,7
АМСЦ-Одеса (Застава)													
2015-2019	15,2	9,9	9,2	9,3	13,2	12,8	14,6	19,4	11,9	9,6	13,2	8,3	12,8
Херсон													
2015-2019	7,5	4,4	5,6	7,1	10,7	13,0	12,8	8,1	10,6	7,4	4,2	5,4	8,1
Миколаїв													
2015-2019	5,4	2,1	3,0	2,6	4,4	3,1	4,6	1,8	3,3	3,7	4,2	2,9	3,9
Ізмаїл													
2015-2019	15,6	22,8	16,1	8,5	13,8	12,6	12,5	20,5	12,7	16,8	20,0	15,2	15,6

Додаток В

Характеристики вертикального розподілу метеорологічних величин

Таблиця В.1- ст. Одеса- ГМО. 12.10.2016 р.

№	Н, м	U, m/s	V, m/s	T, °C	dd, grad
1	10	-10,2	-3,8	11,6	110
2	750	-16,1	2,5	7,4	99
3	1500	-13,9	8,8	4,2	112
4	3000	-6,4	8,8	-2,1	144
5	4200	-6,0	8,4	-8,4	144
6	5500	-4,1	8,8	-18,1	154
7	7000	1,5	10,6	-29,8	9
8	9000	11,1	14,8	-46,1	38
9	10000	16,0	15,9	-55	46
10	12000	17,7	13,3	-58	54
11	13500	13,2	7,6	-56,6	61
12	16000	12,0	3,1	-57,1	76

Таблиця В.2 - ст. Одеса-АМСЦ. 10.03.2019 р.

№	Н, м	U, m/s	V, m/s	T, °C	dd, grad
1	10	9,6	1,0	11,4	250
2	750	14,2	-2,3	9,3	260
3	1500	15,7	-3,2	4,2	270
4	3000	19,2	-4,0	-6,8	270
5	4200	21,8	-4,1	-13,9	265
6	5500	25,0	-5,0	-24,1	260
7	7000	29,7	-7,5	-36,5	270
8	9000	31,4	-10,2	-52,5	290
9	10000	30,5	-10,3	-58,2	285
10	12000	28,9	-7,1	-55,5	280
11	13500	23,2	-6,3	-52,4	280
12	16000	14,7	-5,8	-55,9	280

Таблиця В.3- ст. Миколаїв.31.01.2015 р.

№	H, м	U, m/s	V, m/s	T, °C	dd, grad
1	10	5,1	13,2	12,6	248
2	750	12,6	16,8	8,8	132
3	1500	17,6	15,7	3,9	221
4	3000	17,3	16,2	-6,4	222
5	4200	19,2	18,5	-13,9	223
6	5500	21,1	20,4	-23,0	224
7	7000	22,5	21,4	-35,2	223
8	9000	25,8	24,3	-52,1	223
9	10000	26,8	23,8	-60,7	221
10	12000	25,2	18,7	-60,4	216
11	13500	24,1	12,2	-56,9	206
12	16000	25,3	7,1	-55,9	195

Таблиця В.4- ст. Ізмаїл. 18.01.2018 р.

№	H, м	U, m/s	V, m/s	T, °C	dd, grad
1	10	7,2	-6,1	3,1	270
2	750	6,3	-9,9	-0,3	270
3	1500	3,8	-12,2	-2,7	240
4	3000	4,2	-6,6	-11,0	200
5	4200	5,1	-3,1	-18,7	190
6	5500	3,2	1,9	-27,3	220
7	7000	4	6,3	-39,1	225
8	9000	5,5	1,8	-52,4	230
9	10000	13,0	-3,1	-53,1	240
10	12000	18,6	-4,7	-50,6	250
11	13500	22,2	-3,1	-48,8	250
12	16000	18,5	0,1	-53,9	250