ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОРІЧНОЇ ДИНАМІКИ ВІТРОВОГО РЕЖИМУ ТРОПОСФЕРИ В РАЙОНІ М. ОДЕСА
PECULIARITIES OF LONG-TERM DYNAMICS OF THE WIND REGIME OF THE TROPOSPHERE IN THE ODESA AREA

Виконала: студентка другого курсу заочної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітньо-професійна програма Метеорологія і кліматологія

_____Рибак Віта Вікторівна_____
(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник к. геогр. н., доц. Прокоф'єв О.М._____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент д. геогр. н., проф. Овчарук В.А._____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
метеорології та кліматології
№ ___ від ____.____. 2024 р.

Завідувачка кафедри
_____ Олег ПРОКОФ'ЄВ
(підпис) (прізвище,ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 2
протокол № __від ____.____.2024 р.

Оцінка_____/_____/_____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)
Голова ЕК
_____ Олена ТАРНАВСЬКА
(підпис) (прізвище, ім'я)

Одеса 2024

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційно роботи "Особливості багаторічної динаміки вітрового режиму тропосфери в районі м. Одеса"

Автор: Рибак Віта Вікторівна

Актуальність. Комплексне дослідження вітрового режиму Одеси сприяє зниженню екологічних, економічних і соціальних ризиків і дає можливість адаптувати регіон до кліматичних змін, зберегти його природний потенціал, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити стійкий розвиток у майбутньому.

Мета дослідження – встановлення основних рис багаторічної динаміки вітрового режиму Одеси в світлі сучасної зміни клімату.

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

– проаналізовані статистичні параметри приземної швидкості вітру та їх динаміку;

– виконаний аналіз динаміки числа днів з різною швидкістю вітру;

– проаналізовано динаміку максимальної швидкості вітру різної ймовірності;

– виконаний аналіз динаміки пануючого напрямку вітру та штилів на станції Одеса-обсерваторія за досліджуваний період.

Об'єкт дослідження: вітровий режим Одеси.

Предмет дослідження: середньомісячні значення приземної швидкості вітру.

Методи дослідження: стандартні статистичні методи, кліматологічний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в комплексному статистичному дослідженні багаторічної динаміки вітрового режиму Одеси в умовах змін глобального клімату.

Практичне значення отриманих результатів. Застосовані принципи статистичного дослідження та одержані результати можуть бути використані при вивченні змін глобального клімату, а також при розробці фізико-статистичних моделей довгострокових прогнозів погоди для України.

Структура і обсяг роботи: магістерська робота в обсязі 82 сторінок складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань з 18 джерел і містить 37 рисунків та 10 таблиць.

Перелік ключових слів: вітровий режим, швидкість та напрям вітру, пануючий напрямок вітру, кліматична норма, Одеса.

ANNOTATION

Theme of the master's qualification work " Peculiarities of long-term dynamics of the wind regime of the troposphere in the Odesa area"

Author: Rybak Vita

Relevance. A comprehensive study of Odesa's wind regime helps mitigate environmental, economic, and social risks, enabling the region to adapt to climate change, preserve its natural potential, optimize resource use, and ensure sustainable development in the future.

The purpose of the study – establishing the main features of the long-term dynamics of Odesa's wind regime in the context of contemporary climate change.

The following objectives have been achieved in accordance with **the objective:**

- statistical parameters of surface wind speed and their dynamics were analyzed;
- an analysis of the dynamics of the number of days with different wind speeds was performed;
- the dynamics of maximum wind speeds of varying probabilities were examined;
- the dynamics of prevailing wind directions and calms at the Odesa-Observatory station during the study period were analyzed.

Object of study: wind regime in Odessa.

Subject of study: average monthly values of surface wind speed.

Research methods: standard statistical methods, climatological analysis.

The scientific novelty of the obtained results consists of a comprehensive statistical study of the long-term dynamics of the wind regime in Odessa in the context of global climate change.

Practical value of the obtained results. The principles of statistical research applied and the results obtained can be used in studying global climate change as well as in developing physical-statistical models for long-term weather forecasting in Ukraine.

Structure and scope of work: the master's thesis in the amount of 82 pages consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of references from 18 sources and contains 37 figures and 10 tables.

List of keywords: wind regime, wind speed and direction, prevailing wind direction, climate norm, Odesa.

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1 КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ 8
1.1 Фізико-географічний опис території 8
1.2 Особливості циркуляційних процесів регіону 12
1.3 Опис вітрового режиму регіону 21
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 26
2.1 Вихідна інформація 26
2.2 Методи дослідження 29
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДИНАМІКИ ШВИДКОСТІ ВІТРУ ДОСЛІДЖУВАНОГО РЕГІОНУ 36
3.1 Статистичні параметри приземної швидкості вітру та їх динаміка в світлі сучасної зміни клімату 36
3.2 Аналіз динаміки середньомісячної швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія у різні строки спостережень 42
3.3 Аналіз динаміки числа днів з різною швидкістю вітру на станції Одеса-обсерваторія 48
3.4 Аналіз динаміки максимальної швидкості вітру різної ймовірності рівної та вищої вказаних значень на станції Одеса-обсерваторія 56
4 ПАНУЮЧИЙ НАПРЯМОК ВІТРУ НА СТАНЦІЇ ОДЕСА-ОБСЕРВАТОРІЯ ТА ЙОГО ДИНАМІКА В СВІТЛІ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН 62
5 ВИСНОВКИ 78
6 ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 81

ВСТУП

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню особливостей багаторічної динаміки вітрового режиму тропосфери в районі м. Одеса. Обрана тема є надзвичайно важливою у контексті сучасних кліматичних змін, які дедалі більше впливають на Причорноморський регіон. Одеса, як стратегічно важливе портове місто та один із ключових транспортних вузлів України, суттєво залежить від метеорологічних умов, зокрема від вітрового режиму, який здатен впливати на економіку, екологію, міське середовище та соціальну стабільність регіону.

Вітровий режим є одним із головних факторів, які визначають безпеку й ефективність морських перевезень. Для Одеси, де портова інфраструктура відіграє ключову роль у місцевій економіці, зміна інтенсивності чи напрямку вітру може мати значні наслідки. Штормові вітри становлять загрозу для судноплавства, пошкоджують портові споруди й збільшують витрати на їхнє обслуговування. Крім того, вони можуть ускладнювати рибальство та туристичну діяльність, що також є важливими секторами економіки регіону.

Ще одним важливим аспектом є вплив вітрового режиму на берегову лінію. Інтенсивні вітри, особливо штормові, сприяють посиленню ерозії узбережжя, що може призводити до втрати територій, порушення екосистем і збитків для інфраструктури. У зв’язку з цим дослідження вітрового режиму дозволяє прогнозувати динаміку руйнування берегів і розробляти ефективні заходи для їхнього захисту.

Кліматичні зміни глобального масштабу, зокрема підвищення температури і зміни в циркуляції атмосфери, впливають на регіональний вітровий режим. Можливе зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, включаючи сильні вітри, створює нові

виклики для регіону. Це впливає не лише на природні процеси, а й на життєдіяльність міста, зокрема через зростання ризику аварій і збитків для інфраструктури.

Окрім цього, розуміння вітрового режиму Одеси відкриває перспективи розвитку вітроенергетики як джерела відновлюваної енергії. Причорноморський регіон має значний потенціал для використання вітрових ресурсів, а точні дані про напрямки, швидкість і сезонність вітрів дозволять оптимізувати розміщення вітрових електростанцій і забезпечити їхню максимальну ефективність.

Не менш важливим є врахування вітрових умов при проектуванні та експлуатації міської інфраструктури. Сильні вітри можуть створювати ризики для будівель, транспорту, комунікацій і населення, тому моніторинг вітрового режиму є важливим для підвищення стійкості міста до можливих надзвичайних ситуацій.

Таким чином, комплексне дослідження вітрового режиму Одеси має велике стратегічне значення. Воно сприяє не лише зниженню екологічних, економічних і соціальних ризиків, але й дає можливість адаптувати регіон до кліматичних змін, зберегти його природний потенціал, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити стійкий розвиток у майбутньому.

В якості матеріалу дослідження використовувались середньомісячні значення приземної швидкості та напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія, отримані за період першої (1961-1990 рр.) та другої (1991-2020рр.) кліматичних норм.

В ході виконання кваліфікаційної роботи реалізовані наступні завдання:

– проаналізовані статистичні параметри приземної швидкості вітру та їх динаміка в світлі сучасної зміни клімату;

– проаналізовано динаміку середньомісячної швидкості вітру на досліджуваній станції у різні строки спостережень;

– виконаний аналіз динаміки числа днів з різною швидкістю вітру;

– проаналізовано динаміку максимальної швидкості вітру різної ймовірності;

– виконаний аналіз динаміки пануючого напрямку вітру досліджуваний період;

– проаналізовано внутрішньорічний розподіл та динаміку повторюваності штилів на станції Одеса-обсерваторія.

1 КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фізико-географічний опис території

Згідно з джерелами [1-4]: «Одеська область розташована на крайньому південному заході України, межуючи з Вінницькою, Кіровоградською та Миколаївською областями. На суші та морі область має кордони з кількома зарубіжними країнами: Республікою Молдова, Румунією, Болгарією і Туреччиною. Область займає територію Північно-Західного Причорномор'я, охоплюючи простори від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману. Узбережжя Одеської області вздовж Чорного моря тягнеться майже на 300 км, а від моря в північному напрямку – на 200-250 км. Загальна площа області становить приблизно 33,3 тис. км², що складає близько 5,5% від усієї території України» [1-4].

Там же [1-4]: «Адміністративний центр області – місто-герой Одеса, розташоване на північно-західному узбережжі Чорного моря, приблизно за 490 км на південь від Києва. Одеса – одне з найбільших міст України, населення якого складає більше мільйона жителів. Це не тільки ключовий морський порт і "південні ворота" України, а й важливий промисловий, науковий, культурний та курортний центр країни, який привертає увагу як туристів, так і інвесторів [1-4].

Більша частина території Одеської області розташована в межах Причорноморської низовини. На півночі та заході області знаходиться Подільська височина, відроги Придніпровської та Центральномолдовська височини» [1-4]. Рельєф області вирізняється значною розчленованістю поверхні, обумовленою байрачно-балковою мережею, з долинами, що подекуди досягають глибини до 120 м [2-5].

Рисунок 1.1 – Мапа Одеської області [5]

Учені [6-8] зазначають: «Клімат Одеської області характеризується помірно континентальними умовами з недостатнім зволоженням. Зимовий період нестабільний, із частими відлигами, тоді як літо зазвичай тривале та спекотне. Середньомісячні температури коливаються від -2 до -5 °C у січні до +21 до +23 °C у липні. Річна кількість опадів становить 350-450 мм, при цьому основна їх частина випадає в літній період, здебільшого у вигляді зливових дощів» [6-8].

Кліматологи відмічають [6, 7, 9] «Зважаючи на природно-кліматичні особливості, регіон зазнає значних кліматичних впливів, які зумовлюють потребу у вдосконаленні системи водопостачання, збереженні екосистем та розвитку стійких сільськогосподарських практик» [6, 7, 9].

У південній степовій зоні області спостерігаються часті посухи, пилові бурі та суховії, що є характерними кліматичними явищами цієї місцевості. Територією області протікають близько 220 річок, кожна з яких має довжину понад 10 км; більшість із них, однак, є маловодними і пересихають влітку. Приморська зона характеризується численними лиманами, відокремленими від моря піщано-черепашковими пересипами.

Заплави річок Дунай та Дністер містять значну кількість прісноводних озер, тоді як на території області також наявні численні солоні озера. В області розташовані 92 території та об’єкти природно-заповідного фонду, серед яких виділяються пам’ятки природи загальнодержавного значення – Одеські катакомби та Михайлівський яр.

У межах прибережної зони Одеси спостерігається поступове зниження висот плато в південному та південно-західному напрямках. Натомість, на північному заході висота плато збільшується від міста до станції Дачна майже вдвічі. Рівнинна поверхня плато розчленована системою ярів та балок, спрямованих до моря та до долини Хаджибейського лиману. Серед найбільших балок виділяються Аркадійська, Середньофонтанська, Великофонтанська, Безіменний яр і Ковалевська; у

північній частині міста, на правому схилі Хаджибейського лиману, розташовані Водяна, Крива, Усатівська та Нерубайська балки [8-9].

Найнижчі висотні позначки в Одесі зареєстровані в районі Пересипу – території давніх гирлових і заплавних частин лиманів, яка відокремлює Хаджибейський і Куяльницький лимани від Чорного моря» [8-9].

За оцінками вчених [6, 8-10]: «До основних факторів, що формують рельєф узбережжя Одеси, належать зсуви та абразія. Ці два процеси, взаємодіючи, спричиняють швидке наступання моря на сушу. Середньорічне просування морської лінії в бік суші становить близько 1 метра, проте це явище є нерівномірним у різних ділянках узбережжя. Нерівномірність проявляється в чергуванні скелястих мисів і дрібних бухт. Інтенсивний розмив берегів і морського дна поблизу Одеси, як і в усьому північно-західному районі, зумовлений низькою стійкістю порід, які складають узбережжя (глинами та м’якими вапняками). Процеси абразії постійно створюють умови для відновлення зсувів, що порушує стабільність берегових укосів [6, 8-10].

На сьогодні більшість ділянок берегової зони відчувають дефіцит наносів. Основна маса наносів має змішаний склад і, будучи викинутою з морського дна на береги, концентрується на пересипах. Нові маси наносів, за винятком незначної кількості матеріалу, що утворюється внаслідок руйнування черепашкових вапняків, практично не надходять. В результаті активних зсувних процесів на більшості ділянок узбережжя (між стрімким обривом корінного плато і морем) утворилася зсувна тераса, ширина якої коливається від 8 до 280 метрів» [7, 10].

Як зазначають вчені [6-10]: «місто Одеса характеризується помірно-континентальним кліматом зі значною кількістю опадів. Навіть у найсухіші місяці суми опадів залишаються досить високими. За класифікацією Кеппена та Гейгера, клімат Одеси відноситься до типу Cfb. Середньорічна температура в місті становить +10,2 °C, а загальна кількість опадів за рік

сягає приблизно 459 мм. Пануючим напрямком вітру протягом року є вітер північної складової, тоді як південно-східні вітри протягом року майже не фіксуються. Максимальна швидкість вітру фіксуються в січні та лютому, мінімальні – в червні та липні. Середня швидкість вітру у січні становить 4,6 м/с, у липні – 3,2 м/с» [6-10].

1.2 Особливості циркуляційних процесів регіону

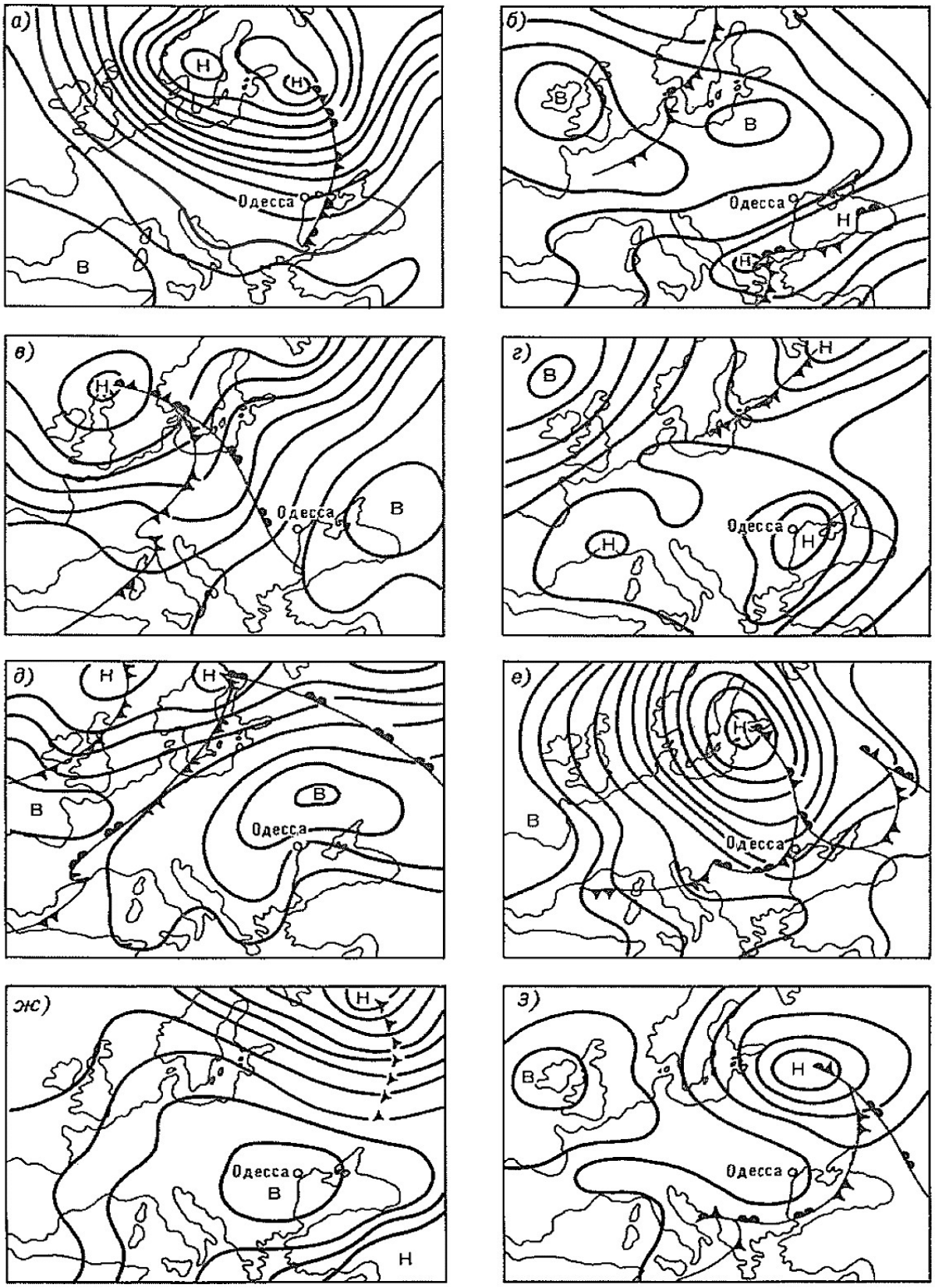
Усі метеорологічні величини, такі як температура, вологість, вітер, хмарність та інші безпосередньо залежать від характеристик повітряних мас та вертикальних рухів в атмосферних процесах.

ІвусГ.П. [11] зазначає: «При аналізі впливу атмосферної циркуляції на формування клімату важливо враховувати як великомасштабні циркуляційні процеси, так і регіональні явища, які безпосередньо впливають на клімат окремих територій. Південна частина України, зокрема місто Одеса, виділяється своїми кліматичними особливостями, які дозволяють відокремити її в окрему підобласть. Це обумовлено не лише впливом Чорного моря, а й специфічними особливостями циркуляційних процесів. Циклони помірних широт, які переміщуються із заходу та північного заходу, зазвичай безпосередньо не впливають на південь України. Розвиток цих циклонів над Європейською частиною Росії супроводжується проходженням через південні райони улоговини або утворенням перехідної зони між циклонами та областями високого тиску, розташованими південніше. У таких перехідних областях зазвичай спостерігається малозбурене перенесення повітряних мас, напрямок якого визначається взаємним розташуванням циклонів і антициклонів [9-11].

Через південь України переміщаються переважно циклони, які формуються в басейні Середземного та Чорного морів, а також невеликі циклони, які виникають на холодних фронтах, що рухаються із заходу та північного заходу. Для півдня України характерні периферійні атмосферні процеси, які формуються при формуванні та розвитком антициклонів над Європою. Однак, на відміну від циклонів, антициклони нерідко рухаються через південну частину Європи та Чорне море [11]. Виходячи з характеру приземного та висотного полів тиску, а також напрямків перенесення повітряних мас, можна виділити для півдня України десять різновидів атмосферних процесів, які представлені в таблиці 1.1 і частково на рисунку 2.1. Розвиток атмосферних процесів у часі та їх послідовний перехід від одного різновиду до іншого містить певні закономірності» [11].

Таблиця 1.1 – Повторюваність різновидів атмосферних процесів на Півдні України [11]

Різновид процесів	Середнє число випадків за рік	Повторюваність, %
Східний перенос	11,2	8
Західний та північно - західний перенос	10,4	8
Південний перенос	8,2	6
Південні циклони	12,2	9
Чорноморська депресія	5,0	4
Переміщення улоговин із заходу	23,5	18
Антициклони	13,8	11
Гребені, орієнтовані із заходу	21,5	16
Гребені, орієнтовані зі сходу	2,7	2
Малоградієнтне поле тиску	23,5	18



а) західний перенос, б) східний перенос, в) південний перенос, г) південні циклони, д) чорноморська депресія, е) переміщення улоговин із заходу, ж) антициклони, з) гребені, орієнтовані з заходу

Рисунок 1.2 – Різновиди атмосферних процесів на півдні України [11]

Івус Г.П. пропонує[11]: «Розглянемо детальніше кожен із десяти типів атмосферних процесів, характерних для півдня України, які, зважаючи на їхні загальні властивості, можна згрупувати в три основні групи: периферійні процеси, циклонічна та антициклонічна циркуляції [11].

До периферійних атмосферних процесів належать малозбурені переноси повітря з південною, західною та східною складовими, а також малоградієнтні поля тиску біля земної поверхні, що спостерігаються на півдні України у 22 % і 18 % випадків відповідно [11].

Ці процеси, які в цілому становлять 40 % від загальної кількості випадків, є тривалими за часом, а тому суттєво впливають на кліматичні умови регіону [11].

Східні вітри, які часто мають незначну північну або південну складову (рис. 1.2, б), повторюються із частотою близько 8 % та формуються, коли досліджуваний район розташовується на південній периферії антициклону або гребеня. При такій конфігурації в атмосфері на півдні України спостерігається утворення низької шаруватої хмарності під інверсією, а іноді й туманів. Опади, зазвичай у вигляді мряки або незначного снігу, випадають під час адвекції із півдня або південного сходу теплого повітря у середній тропосфері [11].

Зміни атмосферного тиску, які відбуваються на південній периферії антициклону та над Чорним морем, впливають на швидкість і напрямок переносу в перехідній зоні. Швидкість переносу може варіювати від кількох метрів на секунду до 15-25 м/с, а напрямок змінюватися від південно-східного до північно-східного» [11].

В джерелі [11] відмічається, що: «протягом року в середньому відзначається вісім-дев’ять випадків штормових вітрів, переважно в холодний період року. Тривалість таких штормів іноді може становити від 18 до 25 днів. Навесні сильні східні вітри особливо небезпечні за умов

низького рівня вологості ґрунту, оскільки вони здатні викликати пилові бурі, що призводять до перенесення часток родючого ґрунту [11].

Другий тип периферійних атмосферних процесів, з частотою близько 8 %, це західний і північно-західний перенос, що формується на південній периферії циклонів помірних широт (рис. 1.2, а). Погодні умови при цьому значно відрізняються від тих, які спостерігаються під час східних переносів, завдяки вищій термічній нестійкості повітряних мас, особливо в теплий період року. При такій атмосферній циркуляції, конвективні хмарм можуть давати незначні опади. У районі Одеси цей процес найчастіше спостерігається в другій половині дня, коли сформована над материком хмарність зміщується до прибережної зони [11].

Високі значення швидкості вітру фіксуються переважно під час вторгнення холодних повітряних мас, які просуваються за фронтами. Зниження швидкості вітру відбувається при подальшому швидкому зміщенні області високого тиску на південь України. Західний перенос повітряних мас часто зазнає порушень під впливом гірських систем півдня Європи, що призводить до переміщення улоговини із заходу або формування південного переносу [11].

Вітри з чітко вираженою південною складовою на Півдні України відзначаються рідше, з частотою приблизно 6 %. Вони виникають на східній периферії областей низького тиску, що розташовані західніше, інколи навіть над північно-східною Атлантикою [11].

При південному перенесенні повітряних мас погодні умови змінюються відповідно до сезону: у теплий період року переважає малохмарна погода, тоді як у холодний період часто спостерігаються тумани, низька хмарність та мряка. В середніх і верхніх шарах тропосфери південному переносу відповідають вітри південної або південно-західної складової у передній частині висотної улоговини» [11].

В тих же джерелах [6-11] зазначається: «Відразу після південного перенесення часто відбувається проходження південних циклонів (із частотою близько 46%) або переміщення улоговин із заходу (приблизно 25% випадків).

До циклонічної циркуляції, характерної для півдня України, належать три типи атмосферних процесів: південні циклони, улоговини, що переміщуються із заходу, та чорноморська депресія [6-11].

Південні циклони відіграють важливу роль у формуванні погоди та клімату регіону, хоча їхня повторюваність (9%) набагато менша від повторюваності периферійної циркуляції. Це пояснюється тим, що виходи південних циклонів часто супроводжуються значними опадами, сніговими бурями, ожеледдю та грозами. На початковому етапі формування над Європейською частиною Росії південні циклони характеризуються невеликими вихорами з діаметром у декілька сотень кілометрів. Вплив таких циклонів на конкретні райони значною мірою залежить від їх траєкторії. Переміщення цих циклонів відбувається перед висотною улоговиною, орієнтація та подальша еволюція якої визначають напрямок їх руху (рис. 1.2, г)» [9-11].

За оцінками вчених [6-11]: «Максимальна кількість опадів в Одеській області фіксується при виході циклону безпосередньо на південь України та стаціонуванні його в цьому регіоні. Значні опади також спостерігаються, коли циклон розташовується в західній частині Чорного моря, а південь України перебуває під впливом північної периферії циклону та теплого фронту. Такий перебіг процесу часто супроводжується одночасним формуванням антициклону над материком, що призводить до появи значних градієнтів тиску на Півдні України. Це створює сприятливі умови для хуртовин, а при дощових опадах і незначній від'ємній температурі – для утворення ожеледиці. Вихід південних циклонів спостерігається переважно в холодну пору року, з максимумом у січні. Однак навіть поодинокі виходи

циклонів у літній період мають суттєве значення, оскільки південні циклони є важливим фактором багаторічних кліматичних коливань на Півдні України, зокрема режиму зволоження [10-11].

У холодний період року над Чорним морем формується область зниженого тиску – так звана чорноморська депресія (рис. 1.2, д), яка виникає при невеликому зниженні тиску, обумовленому термічним контрастом між сушею і морем, а також орографічними особливостями. Частота появи цієї депресії становить близько 4%. Утворена в її системі хмарність переноситься в прибережні райони, спричиняючи невеликі опади на півдні України. Пульсація тиску в депресії призводить до змін напрямку і швидкості переносу повітряних мас вздовж північного узбережжя Чорного моря [9, 11].

Чорноморська депресія також виникає при заповненні південних циклонів над Чорним морем. Її тривалість коливається від двох до десяти днів, залежно від взаємодії поверхні моря з атмосферою і розвитку циркуляційних процесів на прилеглих ділянках суші [10, 11].

Одним з найбільш поширених процесів на півдні України є переміщення улоговин, частота виникнення яких сягає 18%. Ці улоговини формуються внаслідок діяльності циклону, який утворюється над північною Атлантикою або північним заходом Європи, після чого переміщуються в центральні та північні райони Європейської частини Росії. У межах улоговин, зазвичай формуються фронти, серед яких найчастіше зустрічаються холодні та оклюдовані, тоді як теплі фронти виникають значно рідше (див. рис. 1.2, е).

Особливе велике значення улоговин в теплий період року, коли значні опади випадають на холодних фронтах при виникненні хвильових збурень. Властивості повітряних мас, а також динаміка атмосферних процесів у зоні фронтів характеризуються значним різноманіттям, що, в свою чергу, визначає відмінності в погодних умовах у даному регіоні» [6-11].

Автори [9-11] стверджують, що: «південний регіон України дуже часто знаходиться під впливом областей високого тиску. Переважання антициклональних процесів у цьому регіоні визначає його кліматичні характеристики, зокрема, відносно невелику зволоженість та підвищені показники сонячної радіації. Так, в середньому за рік, реєструється 38 випадків (а це 29% від усіх атмосферних процесів) з антициклонами та гребенями. Зазначимо, що тривалість антициклональних процесів перевищує тривалість циклонічних більш ніж у два рази, що підкреслює значну роль антициклонічної циркуляції у формуванні клімату півдня України [9-11].

Найбільш поширеними атмосферними явищами над півднем України є орієнтовані із заходу гребені, відомі як Азорські гребені, з частотою повторюваності 16%. Проте, генетично ці гребені у переважній більшості випадків не є результатом безпосереднього поширення високого тиску з області азорського антициклону. Формування гребенів та невеликих антициклонів відбувається за холодними фронтами внаслідок впливу термічних і динамічних факторів, що спричиняють зміни тиску, а також під впливом гірських систем Центральної Європи. Утворена область високого тиску інтегрується з азорським антициклоном, перетворюючись на його відріг або гребінь. Цей факт підтверджується тим, що азорські гребені поширюються на Південь України, переважно після проходження холодних фронтів, з найбільшою частотою в літні та особливо осінні місяці. Західні гребені характеризуються здебільшого з малохмарною погодою та слабким вітром [11].

Гребені, орієнтовані зі сходу, спостерігаються значно рідше (з повторюваністю 2%) у порівнянні з гребенями, орієнтованими із заходу. Це явище можна пояснити як переважанням західного переносу, так і впливом Чорного моря на термічні та баричні поля стратосфери та тропосфери» [11].

Автори [6-11] наголошують, що : «На південь України переміщуються антициклони із західною складовою, тривалість впливу яких становить два-три дні та зазвичай супроводжується послідовним розвитком погодних умов. У холодний період наближення антициклону з північного заходу асоціюється з вторгненням холодного повітря, що призводить до утворення низької шаруватої хмарності та відносно невеликих опадів. У випадку зміщення антициклону зі сходу, південь України опиняється під впливом південно-східного або південного переносу, для яких характерні низька хмарність, тумани та мряка [9-11].

Стаціонування антициклонів над південними регіонами України зумовлює в холодний період року малохмарну погоду з низькими температурами, а в теплий період – спекотну погоду. В перехідні сезони – сприяє виникненню заморозків. Часто за антициклоном, що переміщується на схід, на південь України з заходу насувається улоговина, в якій знаходиться фронт [10-11]. На території Одеської області часто спостерігаються малоградієнтні поля тиску, повторюваність яких становить 18%, а середня кількість випадків за рік досягає 23,5 [6-11].

При оцінці тривалості впливу різних атмосферних процесів слід враховувати, що південні циклони та західні улоговини, як правило, переміщуються швидко, і їх вплив обмежується терміном близько доби або менше. Натомість інші різновиди процесів є більш стійкими в часі: їх період триває від двох до трьох діб, тоді як східний перенос може тривати до двох-трьох тижнів. Таким чином, у січні спостерігається часта зміна атмосферних процесів, що забезпечує високу повторюваність деяких з них, зокрема південних циклонів, улоговин із заходу та периферійних переносів повітряних мас. Для зимового періоду характерна добре виражена меридіональна циркуляція, яка визначає нестійкість погодних умов: різкі похолодання чергуються з відлигами, що частіше спостерігаються в першій половині січня» [10-11].

Ті самі джерела зазначають: «У центральному весняному місяці, квітні, інтенсивність атмосферних процесів порівняно з січнем дещо знижується. Відзначається значне зменшення кількості західних улоговин і збільшення повторюваності периферійних переносів повітряних мас. Загалом для квітня характерна нестійка погода, що супроводжується вторгненням холодного повітря, швидким прогрівом повітряних мас та опадами, переважно під час виходу південних циклонів [9-11].

У літні та осінні місяці атмосферна циркуляція суттєво відрізняється від циркуляції в холодний період. В цей час чітко простежується переважання антициклональних процесів і малоградієнтних полів тиску. Зростає повторюваність малозбурених зональних переносів повітряних мас біля поверхні землі, хоча і з невеликими швидкостями, оскільки над Чорним морем домінує фон підвищеного тиску, а градієнти вздовж північного узбережжя залишаються незначними. Південні циклони в літній період, за деякими винятками, є рідкісним явищем, а улоговини мають невиражений характер [6-11].

При значній мінливості атмосферної циркуляції від року до року в цілому її можна характеризувати переважанням властивостей, що обумовлюють формування на півдні України відносно сухого континентального клімату, який періодично пом'якшується впливом Атлантичного океану, Середземного та Чорного морів. Цей вплив реалізується через макро- і мезомасштабну атмосферну циркуляцію» [7, 11].

1.3 Опис вітрового режиму регіону

За оцінками вчених [6, 7, 10, 11] «вітровий режим міста Одеса формується під впливом макроциркуляційних процесів в атмосфері, а також

розташування баричних центрів на території Євразії та в Атлантики. Це означає, що він тісно пов’язаний із розподілом атмосферного тиску та його сезонними коливаннями [4, 10, 11]. З одного боку, значна частина міста розташована на південній периферії зони високого тиску, відомої як «кліматична вісь Воєйкова» або «барометрична вісь Воєйкова». Ця вісь формується завдяки впливу відрогів Північно-Атлантичного (Азорського) максимуму влітку та Азіатського максимуму взимку, а її положення визначається лінією, що проходить через Балту, Дніпропетровськ і Луганськ. З іншого боку, вітровий режим також залежить від проходження баричних систем, таких як антициклони та циклони, а також від пов’язаних з ними атмосферних фронтів. За останні десятиліття інтенсивність, траєкторії та положення баричних систем в Атлантико-Європейському регіоні зазнали значних змін [7, 10]» .

У джерелах [6, 7, 10, 11] зазначається, що: «Одеська область відрізняється від інших переважанням слабких і помірних вітрів, хоча можливе також і короткочасне посилення вітру до дуже сильного. Порівняння середніх річних швидкостей вітру за сучасний кліматичний період (1991-2020 роки) та попередній період (1961-1990 роки) по даним метеостанцій Одеської області свідчить про загальне зниження цих швидкостей. Абсолютне зменшення склало від 0,2 м/с на станції Білгород-Дністровський до 1,5 м/с на станціях Одеси. Середнє зниження по десяти метеостанціях області досягає 0,8 м/с, при цьому не спостерігається очевидних тенденцій у просторовому розподілі цього зменшення [9-11].

Взимку на території центральної та південної частин Одеської області домінують вітри північного та північно-східного напрямку, хоча існують й винятки. Наприклад, на станції Білгород-Дністровський переважають вітри північно-західного та північного напрямків. У північній частині області, зокрема на станції Любашівка, спостерігається переважання вітрів північного та північно-західного напрямку. Загалом, ймовірність вітру з

північною складовою (Пн, ПнСх, ПнЗх) взимку зростає з півночі на південь території області (табл. 1.2). Нижче наведена повторюваність напрямку вітру для Одеської області для центральних місяців року (табл 1.2-1.5)» [11].

Таблиця 1.2 – Повторюваність напрямку вітру на станціях Одеської області (%, січень)

Станція	Напрямок вітру							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Любашівка	14,7	11,2	8,9	14,7	13,5	8,7	13,2	15,0
Затишшя	14,0	14,8	12,0	10,2	13,0	11,9	12,5	11,5
Сербка	19,9	11,6	11,1	11,8	10,3	8,2	12,3	14,9
Одеса	18,8	15,9	10,8	5,3	8,3	10,9	15,9	14,1
Білгород-Дністровський	21,0	12,6	8,3	8,2	11,0	7,4	8,2	23,4
Сарата	31,4	11,8	6,5	7,3	14,1	7,4	8,0	13,5
Болград	23,8	10,6	10,3	9,8	10,6	9,7	9,1	16,0
Ізмаїл	21,6	14,7	7,3	6,5	11,3	7,6	16,1	14,9

З [6, 8, 10, 11] відомо, що: «весною, через неоднорідність баричного поля, спостерігається підвищення частоти вітрів південного та південно-західного напрямку (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Повторюваність напрямку вітру на станціях Одеської області (%, квітень)

Станція	Напрямок вітру							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Любашівка	15,6	13,6	10,0	16,3	16,0	6,7	9,2	12,6
Затишшя	14,9	16,2	12,2	12,3	18,5	9,0	7,9	9,0
Сербка	18,6	12,5	10,6	13,1	17,3	7,4	8,3	12,2
Одеса	17,5	13,4	8,7	9,0	19,9	10,9	10,7	9,9
Білгород-Дністровський	16,4	11,8	8,8	22,0	15,9	5,9	4,4	14,9
Сарата	26,1	11,7	8,5	15,3	18,3	5,4	5,0	9,7
Болград	22,4	11,7	13,8	15,2	12,7	6,6	5,5	12,1
Ізмаїл	17,4	12,9	12,5	14,6	17,6	6,1	8,8	10,0

Влітку відзначається посилення азорського субтропічного максимуму, що призводить до його розширення на схід, охоплюючи Середземне та Чорне моря. Як наслідок, на всій території Одеської області спостерігаєть домінування вітрів північного, північно-західного та західного напрямків, частота яких зменшується з півночі на південь (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Повторюваність напрямку вітру на станціях Одеської області (%, липень)

Станція	Напрямок вітру							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Любашівка	23,4	10,1	4,8	8,0	12,1	8,0	12,4	21,2
Затишшя	21,6	14,7	5,8	6,6	12,9	9,9	12,9	15,6
Сербка	27,5	9,8	5,0	6,1	11,7	7,5	10,7	21,8
Одеса	19,5	7,8	4,7	7,0	17,4	10,4	15,2	18,0
Білгород-Дністровський	18,8	6,7	3,6	15,4	14,7	7,2	6,9	26,8
Сарата	32,6	8,2	4,1	10,1	16,4	5,6	6,4	16,6
Болград	27,2	7,4	7,2	11,0	12,5	6,8	8,3	19,5
Ізмаїл	17,6	8,4	8,2	10,9	17,1	7,1	13,3	17,4

Таблиця 1.5 – Повторюваність напрямку вітру на станціях Одеської області (%, жовтень)

Станція	Напрямок вітру							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Любашівка	16,1	9,1	7,9	12,6	15,2	9,4	14,0	15,6
Затишшя	13,6	12,6	9,7	10,1	17,1	12,3	12,8	11,8
Сербка	19,2	9,2	9,1	10,8	12,2	9,4	12,6	17,4
Одеса	17,4	11,3	10,0	6,7	11,6	11,6	17,0	14,4
Білгород-Дністровський	18,5	10,2	8,3	12,6	12,4	7,2	6,7	24,0
Сарата	31,9	9,6	6,3	9,9	15,0	6,5	6,7	14,1
Болград	23,3	9,4	10,9	12,2	12,6	8,3	7,3	16,0
Ізмаїл	19,2	11,9	9,6	9,4	15,3	7,8	13,2	13,6

Восени спостерігається вплив Азорського антициклону, внаслідок чого в південній частині Одеської області домінують вітри північного та північно-західного напрямків. У північній частині області відзначається посилення південних та південно-західних вітрів (табл. 1.5)» [6, 8, 10, 11].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Вихідна інформація

Вітровий режим міста Одеса досліджувався з використання даних строкових спостережень на станції Одеса-обсерваторія за період двох останніх кліматичних норм, тобто з 1961 по 2020 рр. Одна частина показників розраховувалась безпосередньо виконавцем, друга частина представляє собою багаторічні норми, представлені в Кліматичних кадастрах України (першому або другому) [12-14].

Станція Одеса-обсерваторія, розташована на території гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів, знаходиться в Дністро-Бузькій степовій області Причорноморської низовини, на північно-західному узбережжі Чорного моря. Місто Одеса займає рівнинне плато з невеликим ухилом у бік моря, яке підноситься над рівнем моря на висоту 40-60 метрів. Оточуюча місцевість характеризується наявністю балок і ярів, а домінуючий тип рослинності – сільськогосподарські угіддя [10].

Географічні координати станції: 46º26' п.ш., 30º46' с.д.

Адреса: Одеса, Французький бульвар, 89.

Станція розташована на невеликому мисі (шириною 3.5км та 0.5км в глибину), який омивається Чорним морем із північного, східного та південного боків. Метеорологічний майданчик знаходиться на верхній терасі крутого обривистого морського берега, висота якого над рівнем моря становить 42 метри (рис. 2.1, 2.2).

Унікальне географічне положення станції забезпечує сприятливі умови для проведення метеорологічних спостережень, враховуючи вплив морського клімату та особливості місцевого рельєфу (рис. 2.3, рис 2.4).

Рисунок 2.1 – Метеорологічний майданчик Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів

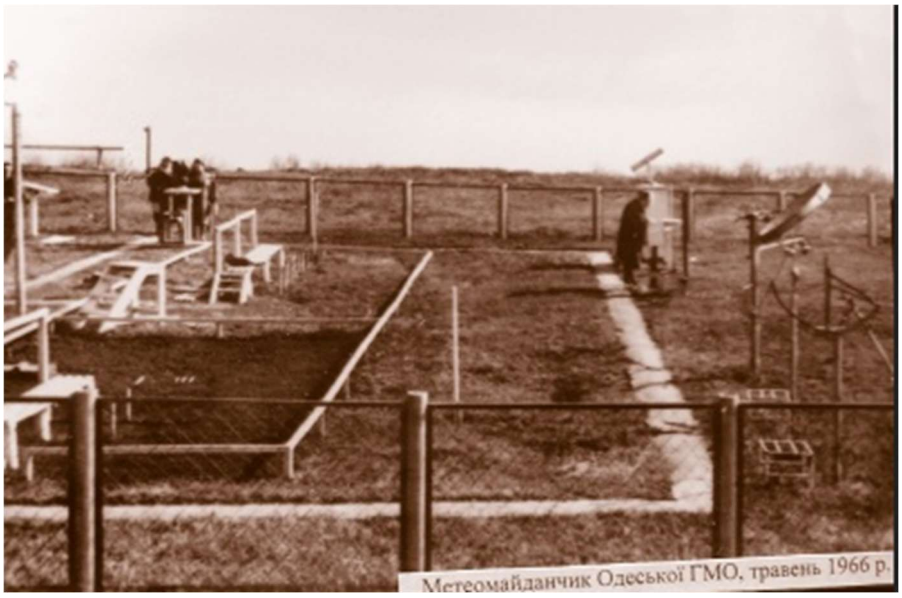


Рисунок 2.2 – Метеорологічний майданчик Одеської гідрометеорологічної обсерваторії (зараз Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів), світлина 1966р.

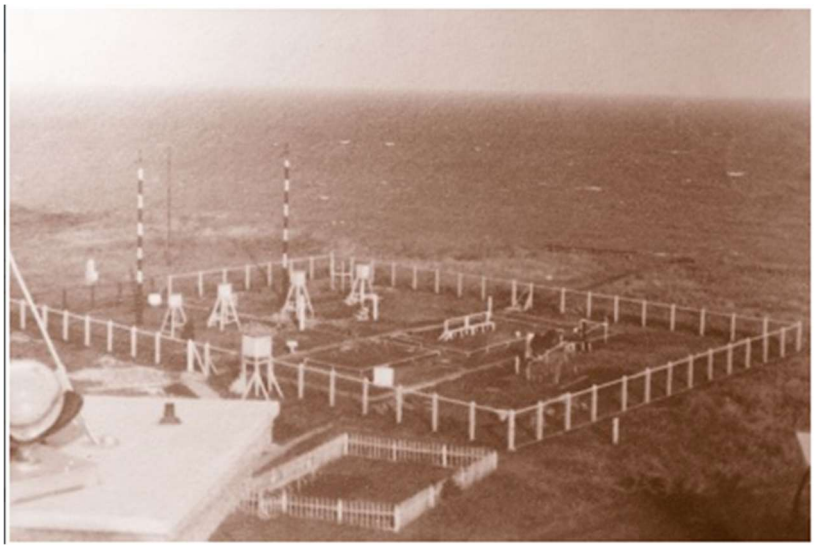


Рисунок 2.3 – Метеорологічний майданчик. Світлина з архіву Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів

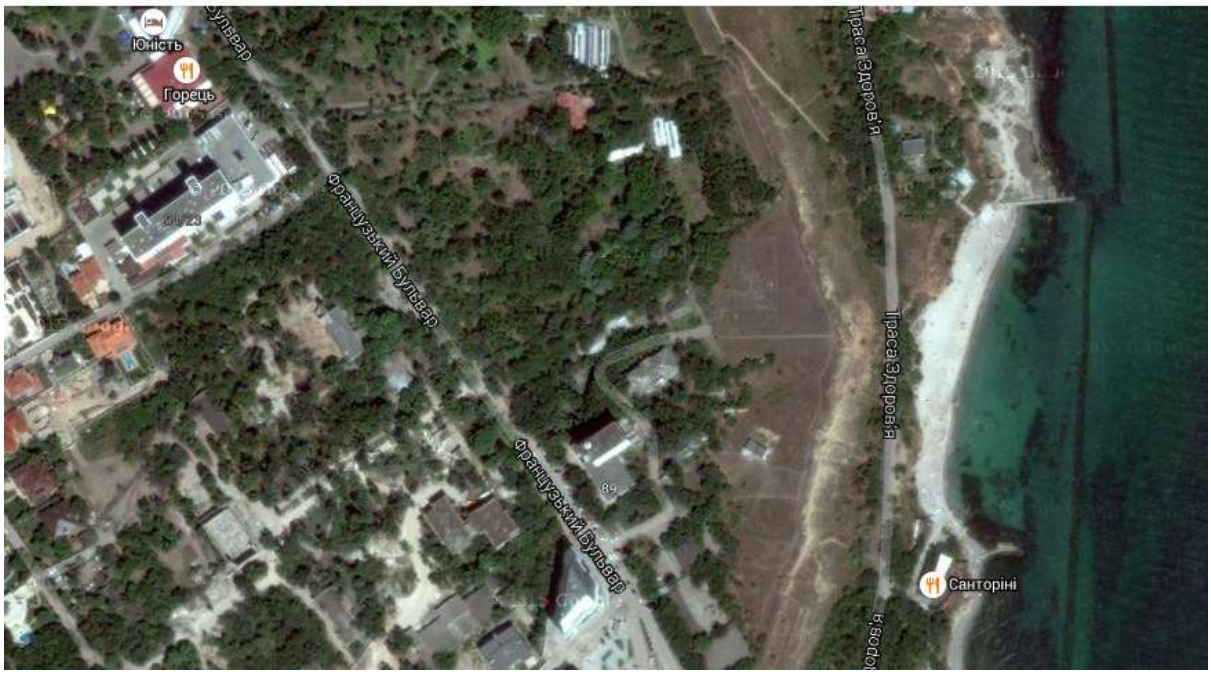


Рисунок 2.4 – Схематичний план найближчого оточення майданчику

В 5м на північний захід та в 2м на північ розташований ботанічний сад ОНУ, висота найближчих дерев 5-7м. В 20-40м на схід – обрив до моря, відстань до зрізу води 100м. В 28м на південь – погріб висотою 2 м, а в 70м

– приміщення газогенераторної, висотою 5м. В 24 м на південний захід – дерева висотою 10-12м, за ними на відстані 42м – будинок обсерваторії висотою 14м. Далі на відстані 100м – десятиповерховий будинок ГМЦ ЧАМ та УкрНЦЕМ висотою 35м. В 20м на захід – гараж висотою 7м, інші будівлі та паркові насадження.

Підстилаюча поверхня метеомайданчика – різнотрав‘я.

2.2 Методи дослідження

Методика розрахунку основних статистичних характеристик добре описана Гончаровою Л.Д. [15, 16]: «Відомо, що метеорологічні величини є випадковими, їх основні властивості можна, з достатньої ймовірністю, характеризувати моментами розподілу різних порядків (l): початковими (ν), центральними (μ) та основними (r). При дослідженні метеорологічних величин, як правило, користуються зазначеними моментами перших чотирьох порядків ($l = \overline{1,4}$). Усі вони: початковий, центральний та основний, є так званими параметрами генеральних сукупностей випадкових величин. Але, дослідники, у більшості випадків, використовують статистичні сукупності (які ще називають – вибірками). На їх основі можна знайти не самі параметри, а їх статистичні оцінки, які повинні володіти певними властивостями, а саме властивостями незсуненості, ефективності та умотивованості [15, 16]. Введемо наступні позначення для статистичних оцінок моментів розподілу l-того порядку: початкового – ν_l, центрального − μ_l , основного – r_l . Ці оцінки можуть бути отримані як на основі простих, так і на основі згрупованих статистичних сукупностей будь-яких метеорологічних величин (наприклад,

атмосферного тиску, місячної кількості опадів, швидкості вітру, температури повітря, вологості і т.п.)» [15, 16].

Людмила Дмитрівна зазначає [15, 16]: «Так, початковим моментом розподілу деякої випадкової метеорологічної величини X l-того порядку буде інтеграл вигляду:

$$\nu_l = \int_{-\infty}^{\infty} x^l f(x)dx. \quad (2.1)$$

Тоді початковий момент розподілу 1-го порядку можна вважати математичним сподіванням цієї випадкової метеорологічної величини:

$$\nu_1 = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x)dx = m_x. \quad (2.2)$$

У випадку, коли для знаходження оцінок моментів розподілу дослідник використовує згруповані ряди, для розрахунку початкового моменту l-того порядку можна використати формулу [15, 16]:

$$\nu_l = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i^l \, m_i \quad (2.3)$$

або

$$\nu_l = \sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i^l \, p_i, \quad (2.4)$$

де n – об’єм вибірки;

k – кількість часткових інтервалів;

$\tilde{x}_i, m_i, p_i$ – середина, інтервальна емпірична частота та інтервальна частість i -тої градації відповідно.

Відомо, що оцінка першого початкового моменту (ν_1) має сенс оцінки математичного сподівання (m_x) і дорівнює середньому значенню ($\bar{x}$) цієї випадкової метеорологічної величини X:

$$\nu_1 = m_x = \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i \, m_i \tag{2.5}$$

або

$$\nu_1 = m_x = \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i \, p_i \tag{2.6}$$

Для розрахунку статистичних оцінок початкових моментів розподілу другого, третього та четвертого порядків (ν_2,ν_3 та ν_4) використовують формулу (2.3) або (2.4). Зазначимо, що у цих формулах показник степеня l змінюється в межах – 2, 3 і 4:

$$\nu_2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i^2 \, m_i = \overline{x^2}, \tag{2.7}$$

$$\nu_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i^3 \, m_i = \overline{x^3}, \tag{2.8}$$

$$\nu_4 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} \tilde{x}_i^4 \, m_i = \overline{x^4} \tag{2.9}$$

Для розрахунку статистичної оцінки l-го початкового моменту розподілу на основі простих статистичних сукупностей, використовують формулу [15, 16]:

$$\nu_l = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^l. \tag{2.10}$$

У випадку простих статистичних сукупностей, середнє значення знаходять за допомогою рівняння:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \nu_1 = m_x, \quad (2.11)$$

а оцінки початкових моментів розподілу 2-го, 3-го та 4-го порядків – за формулами [15, 16]:

$$\nu_2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \overline{x^2}, \quad (2.12)$$

$$\nu_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^3 = \overline{x^3}, \quad (2.13)$$

$$\nu_4 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^4 = \overline{x^4}. \quad (2.14)$$

У рівняннях (2.10) – (2.14) n − об’єм вибірки; x_i − кожне конкретне значення випадкової величини X» [15, 16].

В джерелах [15, 16] щодо центральних моментів зазначається: «Центральним моментом розподілу l–того порядку будь-якої випадкової метеорологічної величини X вважається інтеграл вигляду:

$$\mu_l = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^l f(x) dx. \quad (2.15)$$

За умови роботи зі згрупованими рядами статистична оцінка центрального моменту розподілу l-того порядку, може бути розрахована за формулою:

$$\mu_l = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} (\tilde{x}_i - \bar{x})^l m_i \quad (2.16)$$

якщо ряд згрупований, m_i знаходять за формулою [15, 16]

$$\mu_l = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(\tilde{x}_i - \bar{x})^l p_i \quad (2.17)$$

з використанням інтервальних частостей p_i.

В статистиці, центральні моменти розподілу оцінюються, як правило, починаючи з другого (l = 2), бо перший завжди дорівнює нулю, так само, як і його оцінка. Центральний момент другого порядку представляє собою дисперсію випадкової метеорологічної величини:

$$\mu_2 = \int_{-\infty}^{\infty}(x - m_x)^2 f(x)dx = \sigma_x^2.$$

Для розрахунку статистичної оцінки центрального моменту розподілу другого порядку на основі згрупованого ряду використовуються формули [15, 16]:

$$\mu_2 = \sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(\tilde{x}_i - \bar{x})^2 m_i, \quad (2.18)$$

$$\mu_2 = \sigma_x^2 = \sum_{i=1}^{k}(\tilde{x}_i - \bar{x})^2 p_i, \quad (2.19)$$

Так само за допомогою формул (2.16) або (2.17) знаходять статистичні оцінки третього (за умови l = 3) і четвертого (за умови l = 4) моментів розподілу випадкової величини X [15, 16]:

$$\mu_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(\tilde{x}_i - \bar{x})^3 m_i, \quad (2.20)$$

$$\mu_4 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(\tilde{x}_i - \bar{x})^4 m_i. \quad (2.21)$$

Розрахована за формулою (2.18) або (2.19) статистична оцінка другого центрального моменту розподілу, буде зсуненою оцінкою дисперсії» [15, 16].

Як наголошують автори [15, 16]: «для того, щоб отримати незсунену, ефективну та умотивовану оцінку дисперсії випадкової метеорологічної величини X (а саме цим вимогам, повинні відповідати статистичні оцінки параметрів) потрібно за формулою (2.22) розрахувати величину S_x^2:

$$S_x^2 = \frac{n}{n-1}\mu_2, \tag{2.22}$$

де $\left(\frac{n}{n-1}\right)$ – представляє собою коефіцієнт Бесселя [15, 16].

У випадку згрупованого ряду незсунену, ефективну та умотивовану оцінку дисперсії випадкової метеорологічної величини X можна розрахувати за допомогою рівняння (2.23):

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{k}(\tilde{x}_i - \bar{x})^2\, m_i. \tag{2.23}$$

Очевидно, що розрахувати статистичну оцінку середнього квадратичного відхилу цієї випадкової метеорологічної величини можна за формулою [15, 16]:

$$S_x = \sqrt{S_x^2}. \tag{2.24}$$

Рухаємось далі, статистичну оцінку центрального моменту розподілу порядку l, за умови використання простих статистичних сукупностей випадкової метеорологічної величини X, розраховують за допомогою формули [15, 16]:

$$\mu_l = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^l. \tag{2.25}$$

Очевидно, що статистичні оцінки центральних моментів другого, третього та четвертого порядків можуть бути розраховані за формулами (2.26) – (2.28):

$$\mu_2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 = \sigma_x^2, \quad (2.26)$$

$$\mu_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3, \quad (2.27)$$

$$\mu_4 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^4. \quad (2.28)$$

де – n – об’єм ряду,

$x_i(i = \overline{1,n})$ – конкретне значення випадкової метеорологічної величини X,

$\bar{x}$ – середнє значення вибірки X.

Тоді, незсунену, ефективну та умотивовану оцінку дисперсії випадкової метеорологічної величини X можна знайти за формулою [15, 16]:

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2. \quad (2.29)$$

Існує зв’язок між центральними моментами розподілу 2-го, 3-го та 4-го порядків і початковими моментами, а саме» [15, 16]:

$$\mu_2 = \nu_2 - \nu_1^2, \quad (2.30)$$

$$\mu_3 = \nu_3 - 3\nu_2\nu_1 + 2\nu_1^3, \quad (2.31)$$

$$\mu_4 = \nu_4 - 4\nu_1\nu_3 + 6\nu_1^2\nu_2 - 3\nu_1^4. \quad (2.32)$$

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДИНАМІКИ ШВИДКОСТІ ВІТРУ ДОСЛІДЖУВАНОГО РЕГІОНУ

3.1 Статистичні параметри приземної швидкості вітру та їх динаміка в світлі сучасної зміни клімату

На першому етапі дослідження аналізувались статистичні характеристики швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія, такі як середня швидкість вітру, середньоквадратичний відхил та коефіцієнт варіації, оскільки саме вони здатні охарактеризувати особливості вітрового режиму досліджуваної території [17-18]. В таблиці 3.1 приведено середню місячну і річну швидкість вітру та її середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації, які обчислено із рядів спостережень за 1961-1990 та 1991-2020 рр. Середню місячну швидкість вітру розраховано з восьми строків спостережень (0,3,6,9,12,15,18,21). У цій же таблиці наведено найменшу, найбільшу і максимальну швидкість вітру за весь період спостережень з вказуванням року, коли відмічались ці швидкості.

Порівняємо середньомісячні та середньорічні значення швидкості вітру, отримані за різні кліматичні періоди (рис. 3.1).

Аналіз таблиці 3.1 та рисунка 3.1 дозволяє встанови факт зменшення середньомісячної та середньорічної приземної швидкості вітру на досліджуваній станції за останні 60 років. Це зменшення фіксується протягом усіх місяців року, досягаючи максимальних значень в холодний період року: січень та лютий – -1.3 м/с. Величина зменшення швидкості вітру в інші місяці року коливається в межах від -0.8 (червень, вересень, жовтень та листопад) до -1.0 м/с (квітень та липень).

Таблиця 3.1 – Швидкість вітру на станції Одеса-обсерваторія [13, 14]

Швидкість вітру	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1961-1990рр.													
Середня	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
Середнє квадратичне відхилення	1.1	1.1	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.9	0.9	0.9	0.6
Коефіцієнт варіації	0.23	0.24	0.17	0.20	0.17	0.19	0.21	0.18	0.19	0.24	0.22	0.21	0.15
1991-2020рр.													
Середня	3.3	3.3	3.2	2.8	2.5	2.4	2.3	2.3	2.6	3.1	3.5	3.4	2.9
Середнє квадратичне відхилення	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.7	0.2
Коефіцієнт варіації	0.18	0.15	0.13	0.14	0.12	0.08	0.13	0.13	0.15	0.19	0.20	0.21	0.07
Найменша	2.4	2.5	2.4	2.3	2	1.8	1.5	1.8	1.9	1.8	2.4	2.4	2.5
Рік	1994	1987	2012	2019	2020	1990	2018	2017, 2019	2011	2019	2011	1985, 2011	2019
Найбільша	7.3	7.8	5.7	5.6	4.5	4.2	4.6	4.2	4.7	6.5	6.3	6.1	5
Рік	1969	1969	1969	1961	1968	1968, 1969	1971	1971, 1989	1968	1961	1968	1961	1969

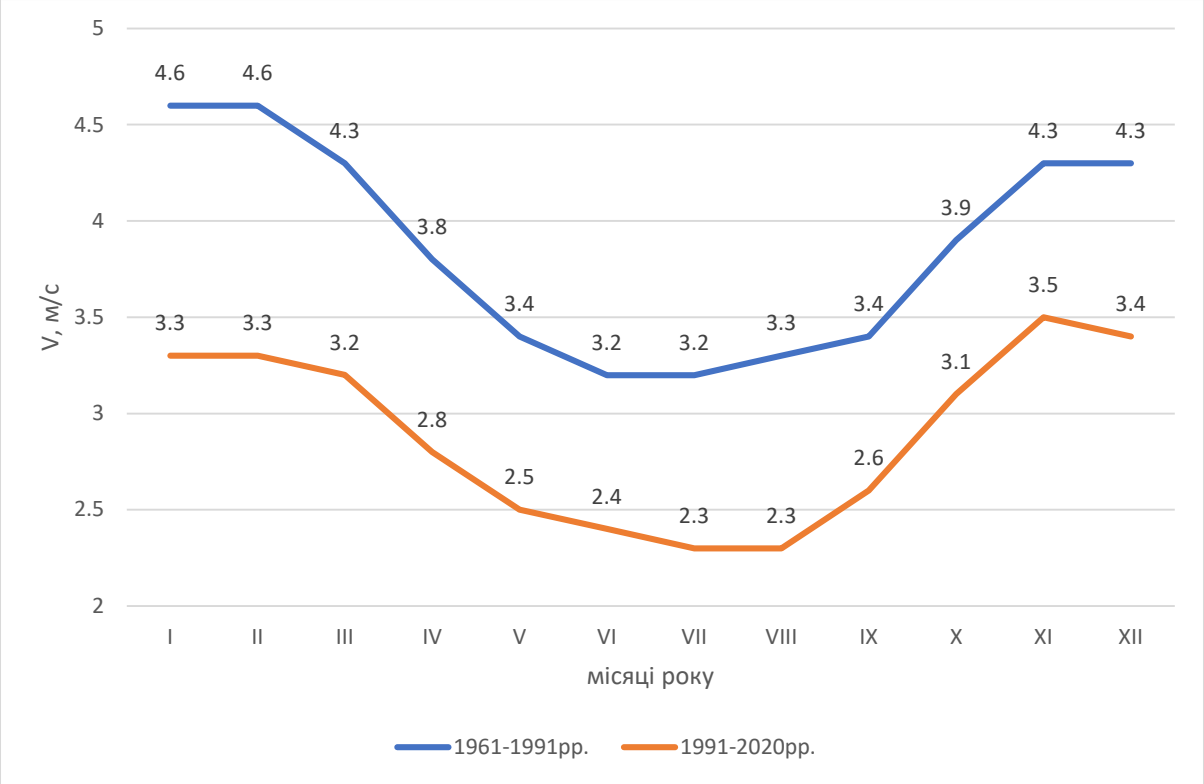


Рисунок 3.1 – Річний хід швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія

Річний хід середньомісячних значень швидкості вітру має чітко виражений характер, криві річного ходу, розраховані за різні кліматичні періоди, добре узгоджуються одна з одною та з параметрами циркуляції атмосфери (рис. 3.1). Максимальні середньомісячні швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія припадають на зимовий період, коли погода залежить від адвективних процесів, і складають 4.3-4.6 м/с – для періоду першої кліматичної норми (1961-1990рр.) та 3.3-35 – для періоду другої кліматичної норми (1991-2020рр.). Мінімальні середньомісячні швидкості вітру припадають на літній період року, коли вирішальна роль належить сонячні радіації, і складають відповідно 3.2-3.3 м/с – перша кліматична норма, та 2.3-2.4 – друга.

Середньорічне значення швидкості вітру на станції від першого до другого періоду зменшилось на 1 м/с (з 3.9 до 2.9 м/с).

Слід також зазначити, що за досліджуваний період, окрім загального зниження швидкості вітру на станції змінився її внутрішньорічний розподіл: максимальні швидкості вітру в період першої кліматичної норми фіксувались в січні-лютому, а мінімальні – в червні-липні, в період другої кліматичної норми максимальні швидкості фіксуються в листопаді-грудні, а мінімальні – в липні-серпні.

Перейдемо до аналізу середньоквадратичного відхилу (табл. 3.1, рис. 3.2).

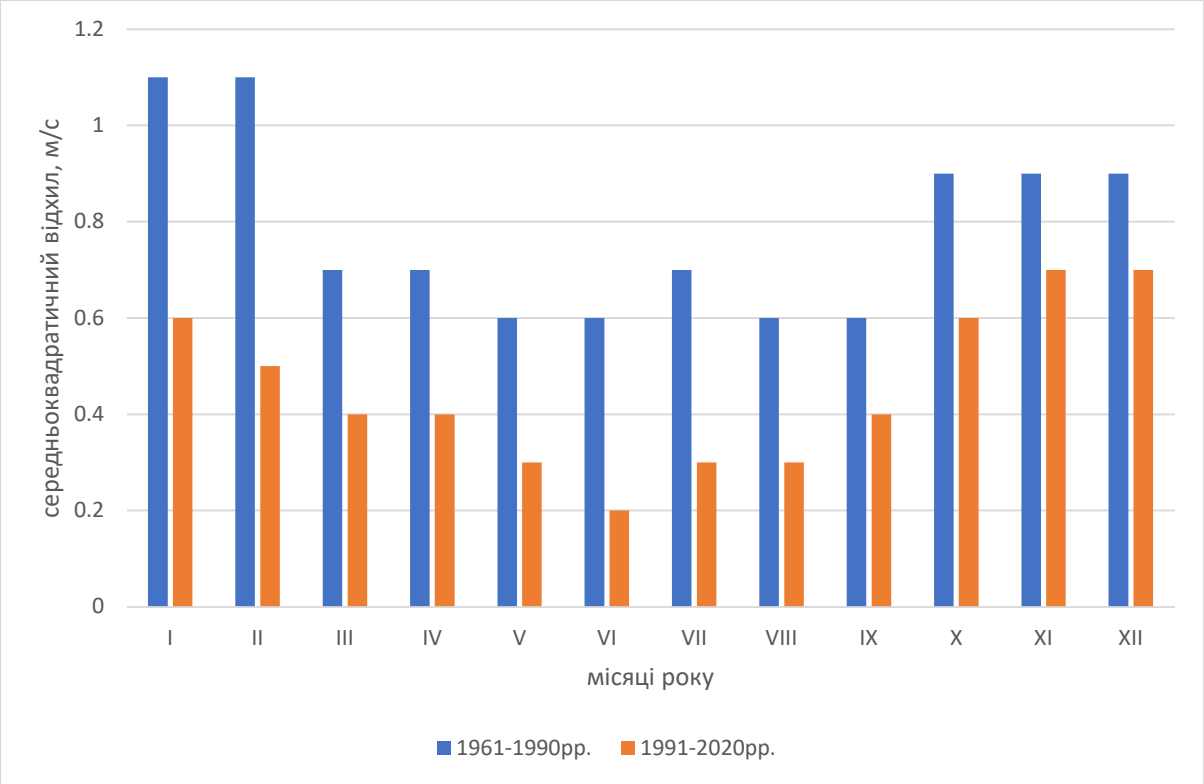


Рисунок 3.2 – Середньоквадратичний відхил приземної швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія

Середньоквадратичний відхил, як і середньомісячні значення швидкості вітру, має чітко виражений річний хід, пов’язаний з характером загальної циркуляції атмосфери: найбільші значення відхилу фіксуються в

зимовий період – 1.1 м/с (перший період) та 0.7 м/с (другий), а найменші – влітку (0.6 м/с в першому та 0.2 м/с в другому кліматичному періоді).

Що стосується динаміки середньоквадратичних відхилів за останні 60 років (рис. 3.2) слід відмітити тотальне їх зменшення протягом усіх місяців року. Найбільше зменшення припадає на зимовий період – січень-лютий – 0.5-0.6 м/с. Трохи менша величина зниження середньоквадратичних відхилів на станції Одеса-обсерваторія спостерігається влітку – червень-липень – 0.4 м/с. Найменше зниження фіксується в перехідні сезони – 0.3-0.2 м/с – квітень, жовтень.

Так само, як і для самої швидкості, для середньоквадратичного відхилу змінився внутрішньорічний розподіл. В період першої кліматичної норми (1961-1990рр.) найбільші значення середньоквадратичного відхилу спостерігались в січні-лютому і складали 1.1 м/с, а найменші – в травні, червні, серпні та вересні і складали 0.6 м/с. В період другої кліматичної норми (1991-2020рр.) найбільші значення спостерігаються у листопаді-грудні і складають 0.7 м/с, а найменші – у червні – 0.2 м/с

Перейдемо до аналізу коефіцієнта варіації (табл. 3.1, рис. 3.3). Коефіцієнт варіації на станції Одеса-обсерваторія за розглянуті періоди має щітко виражений річний хід з мінімумом в літні та максимумом в зимні місяці. В період першої кліматичної норми величина коефіцієнту варіації змінювалась в межах від 0.17 – березень, травень до 0.24 – лютий, жовтень. В період другої кліматичної норми коефіцієнт варіації коливається у межах від 0.08 – червень до 0.21 – грудень. Таким чином, фіксуємо, що за період двох останніх кліматичних норм коефіцієнт варіації середньомісячних значень приземної швидкості вітру зазнав суттєвих змін, а саме зменшився протягом більшості місяців року на величину від 0.02 – листопад до 0.11 – червень. Суттєвих змін зазнав внутрішньорічний розподіл коефіцієнта варіації (рис. 3.3.). Зазначимо, що грудневий коефіцієнт варіації залишився без змін: і в перший і в другий період він складає 0.21.

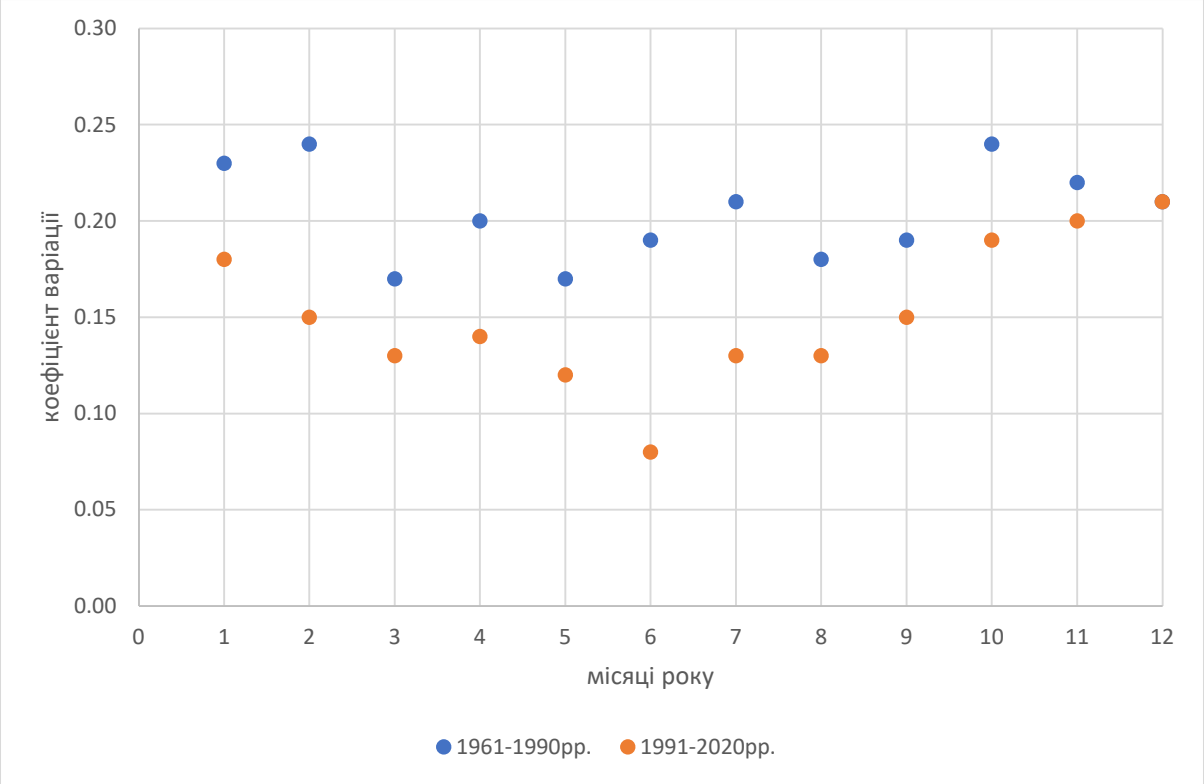


Рисунок 3.3 – Коефіцієнт варіації приземної швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія

Проаналізуємо абсолютні мінімальні та максимальні значення швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія. Як бачимо (табл. 3.1) абсолютні максимуми швидкості вітру фіксувались виключно в період першої кліматичної норми, а саме у 1961 році (квітень, жовтень, грудень), 1968 році (травень, червень, вересень та листопад), 1969 році (січень, лютий та березень) та у 1971 році (липень, серпень). При цьому, абсолютні мінімуми швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія фіксувались переважно в період другої кліматичної норми, а саме у 1994 році (січень), 2011 році (вересень, листопад, грудень), 2012 році (березень), 2017 році (серпень), 2018 році (листопад), 2019 році (квітень, жовтень), 2020 році(травень).

Проведене дослідження приземної швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія за період з 1961 по 2020 рр. дозволяє стверджувати про

перебудову поля вітру, а саме зменшення швидкості вітру за досліджуваний період протягом усіх місяців року на величину від 1 до 1.5 м/с.

3.2 Аналіз динаміки середньомісячної швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія у різні строки спостережень

Середня місячна швидкість вітру за різні години доби (0,3,6,9,12,15,18,21) обчислена з рядів строкових швидкостей вітру для кожного місяця за період першої (1961-1990 рр.) та другої (1991-2020 рр.) кліматичних норм. Строки спостережень вказано за Гринвіцьким часом.

Дані таблиці 3.2 дають уявлення про зміни швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія протягом доби.

Для кращого розуміння данні таблиці 3.2 були візуалізовані для центральних місяців сезонів. Аналіз таблиці 3.2 та рисунку 3.4 дозволяє стверджувати, що в січні на станції Одеса-обсерваторія протягом доби спостерігаються незначні швидкості вітру від 4.4 до 4.6 м/с в період першої кліматичної норми (1961-1990рр.) до 3.2-3.3 м/с в період другої (1991-2020рр.). Що, безпосередньо пов’язано характером циркуляції атмосфери та малою кількістю сонячної радіації. Для обох періодів, максимальні середньомісячні швидкості вітру фіксуються о 12 СГЧ, що в зимовий час відповідає 14 годинам місцевого часу.

Що стосується динаміки швидкості вітру у різні строки за 60-річний період (1961-2020рр.), то прослідковується чітка тенденція до зменшення швидкості вітру протягом усіх термінів на величину від 1.0 до 1.3 м/с.

Таблиця 3.2 – Середня місячна швидкість вітру у строки спостережень на станції Одеса-обсерваторія у різні кліматичні періоди та різниця між ними, м/с [13, 14]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1961-1990рр.												
0	4.4	4.5	4.1	3.4	3.1	2.9	2.9	3.2	3.5	3.7	4.1	4.0
3	4.4	4.4	4.1	3.4	3.1	2.9	3.0	3.2	3.3	3.6	4.1	4.1
6	4.4	4.5	4.1	3.4	3.2	2.9	2.9	3.2	3.4	3.7	4.1	4.1
9	4.5	4.6	4.3	3.7	3.4	3.0	3.0	3.1	3.4	3.7	4.1	4.1
12	4.6	4.7	4.5	4.0	3.6	3.5	3.3	3.4	3.7	3.9	4.2	4.2
15	4.5	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	3.7	3.5	3.7	3.8	4.2	4.1
18	4.3	4.5	4.1	3.6	3.5	3.3	3.2	3.0	3.1	3.3	4.0	4.1
21	4.4	4.4	3.9	3.3	3.0	2.7	2.7	2.9	3.2	3.5	4.2	4.1
1991-2020рр.												
0	3.2	3.3	3.0	2.6	2.2	2.0	2.0	2.2	2.5	3.0	3.5	3.3
3	3.2	3.3	3.1	2.6	2.2	2.0	2.0	2.1	2.5	3.0	3.5	3.4
6	3.3	3.2	3.1	2.8	2.5	2.3	2.2	2.2	2.7	3.1	3.5	3.4
9	3.3	3.5	3.5	3.2	2.9	2.7	2.6	2.6	3.0	3.4	3.6	3.4
12	3.3	3.6	3.6	3.4	3.1	3.0	2.9	2.7	3.0	3.2	3.5	3.4
15	3.2	3.3	3.3	2.9	2.7	2.6	2.5	2.2	2.5	2.8	3.5	3.3
18	3.3	3.3	3.1	2.6	2.3	2.0	1.9	2.0	2.5	3.0	3.7	3.4
21	3.3	3.3	3.1	2.7	2.2	2.1	2.0	2.2	2.6	3.1	3.6	3.4
V(1991-2020рр.)-V(1961-1990рр.)												
0	-1.2	-1.2	-1.1	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-0.7	-0.6	-0.7
3	-1.2	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-0.6	-0.6	-0.7
6	-1.1	-1.3	-1.0	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-1.0	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7
9	-1.2	-1.1	-0.8	-0.5	-0.5	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.5	-0.7
12	-1.3	-1.1	-0.9	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8
15	-1.3	-1.3	-1.1	-1.1	-1.1	-1.2	-1.2	-1.3	-1.2	-1.0	-0.7	-0.8
18	-1.0	-1.2	-1.0	-1.0	-1.2	-1.3	-1.3	-1.0	-0.6	-0.3	-0.3	-0.7
21	-1.1	-1.1	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.4	-0.6	-0.7

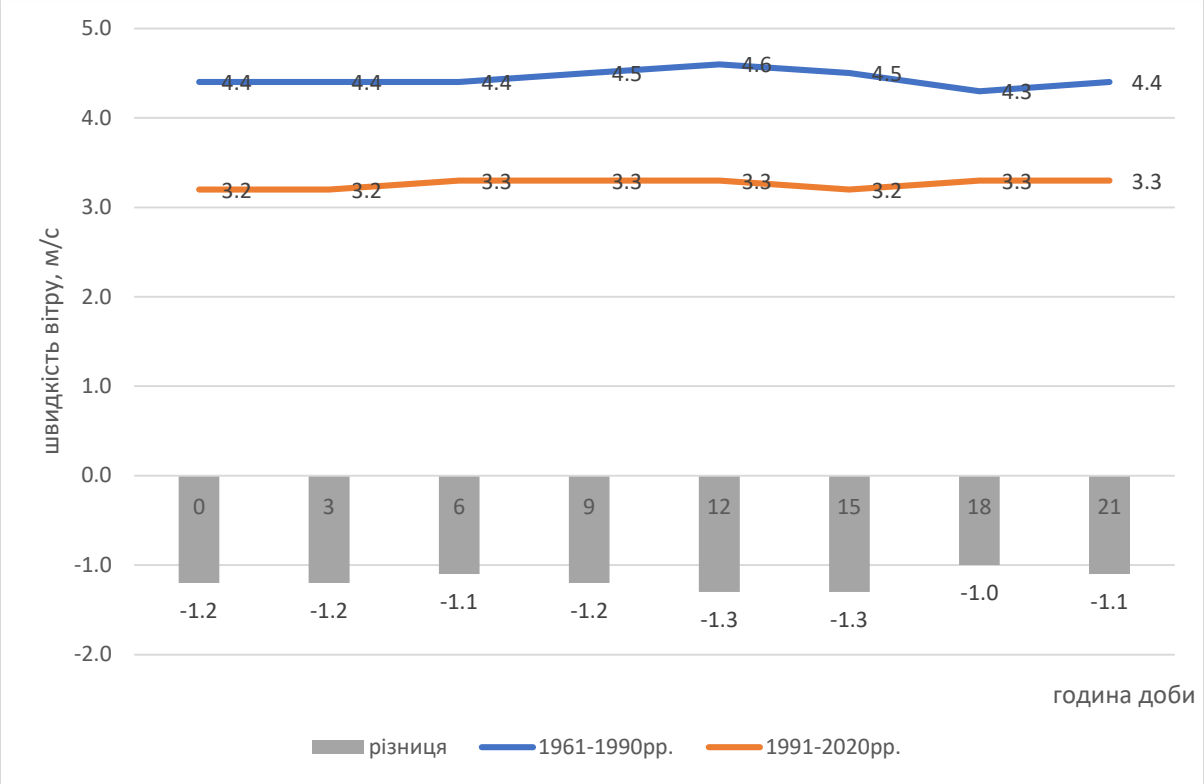


Рисунок 3.4 – Середня місячна швидкість вітру у строки спостережень на станції Одеса-обсерваторія (січень) у різні кліматичні періоди та різниця між ними, м/с

У квітні-місяці кількість сонячної енергії, яка надходить до підстильної поверхні, зростає, що впливає на величину приземної швидкості вітру на станції (рис.3.5). Квітневі середньомісячні значення швидкості вітру нижчі за січневі. Добова амплітуда швидкості вітру зменшується. Добовий хід залишається без змін, і для першого і для другого кліматичних періодів максимальні значення швидкості вітру припадають на 12 годин СГЧ. Їх значення досягають 4.0 м/с в першому та 3.4 м/с в другому кліматичному періоді.

В динамці швидкості вітру по строкам на станції Одеса-обсерваторія в квітні зберігається та сама тенденція, що й у січні: швидкості вітру в другу кліматичну норму значно менші ніж в попередню. Величина зменшення,

враховуючи термічний фактор, в квітні коливається в ширших межах, від 0.5 до 1.1 м/с.

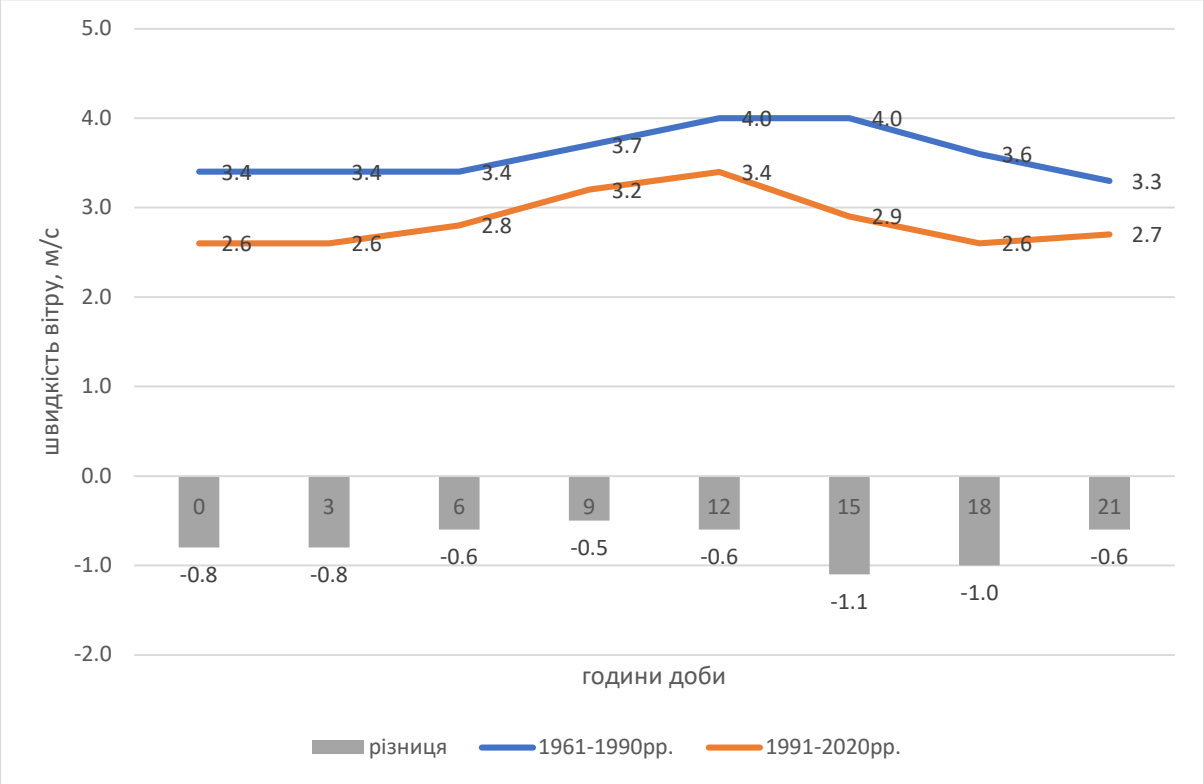


Рисунок 3.5 – Середня місячна швидкість вітру у строки спостережень на станції Одеса-обсерваторія (квітень) у різні кліматичні періоди та різниця між ними, м/с

У липні характер циркуляції визначається кількістю радіації, що надходить до підстильної поверхні, а отже термічний фактор зростає. Швидкість вітру на станції Одеса-обсерваторія в липні коливається у межах від 2.7 до 3.7 м/с в період першої та від 1.9 до 2.9 м/с в період другої кліматичної норми. Найбільші швидкості, що зрозуміло, припадають на після полуденний час:15 СГЧ (1961-1990рр.) та 12 СГЧ (1991-2020рр.).

Загальна тенденція до зменшення швидкості вітру від першого до другого кліматичного періоду на станції в липні зберігається, величина зменшення складає від 0.4 (9-12 години) до 1.3 (18 година) м/с.

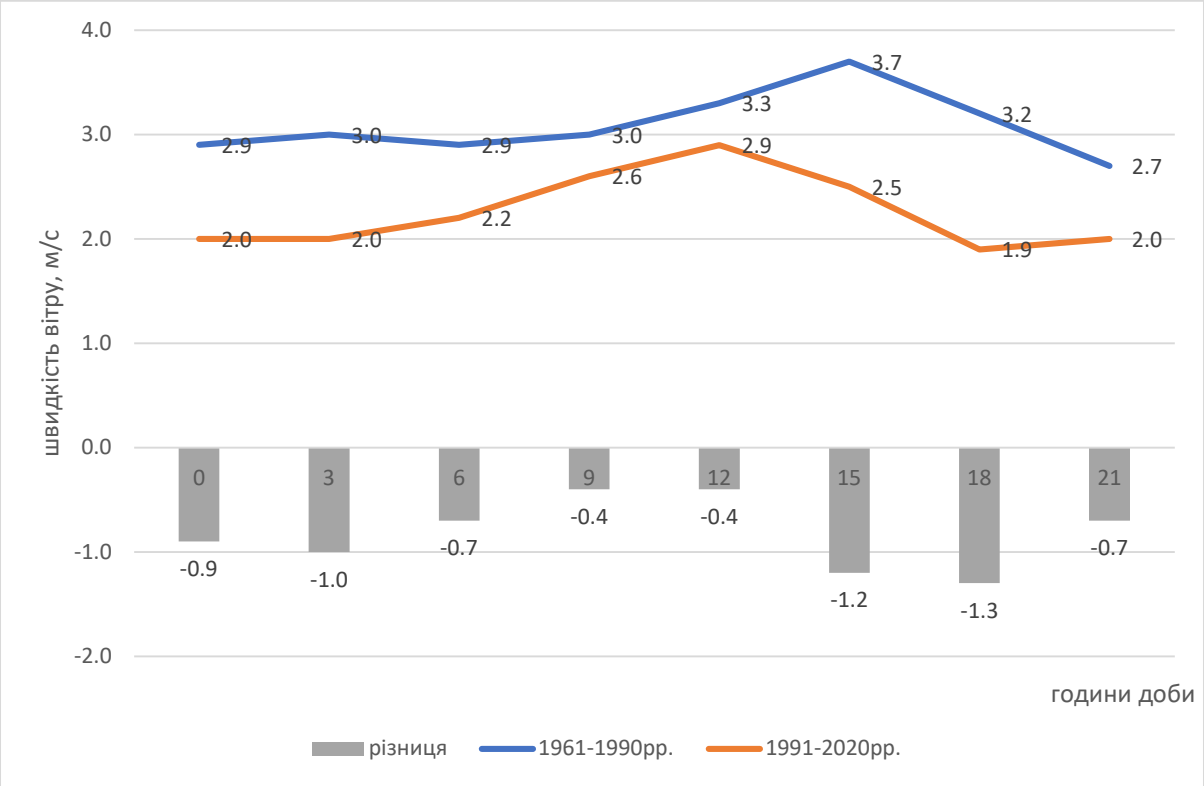


Рисунок 3.6 – Середня місячна швидкість вітру у строки спостережень на станції Одеса-обсерваторія (липень) у різні кліматичні періоди та різниця між ними, м/с

У жовтні (рис. 3.7) добова амплітуда швидкості вітру дещо зростає. Швидкість вітру коливається в межах від 3.3 до 3.9 м/с (перший період) та від 2.8 до 3.4 м/с (другий) період. Враховуючи характер циркуляції, внутрішньодобовий розподіл зазнає змін: максимальні швидкості фіксуються об 12 годині (1961-1990рр.) та об 9.00 (1991-2020рр.). Загальна тенденція до зниження швидкості вітру від першого до другого

кліматичного періоду в жовтні на станції Одеса-обсерваторія зберігається. Величина зменшення складає від 0.3 м/с (9.00) до 1.0 м/с (15.00).

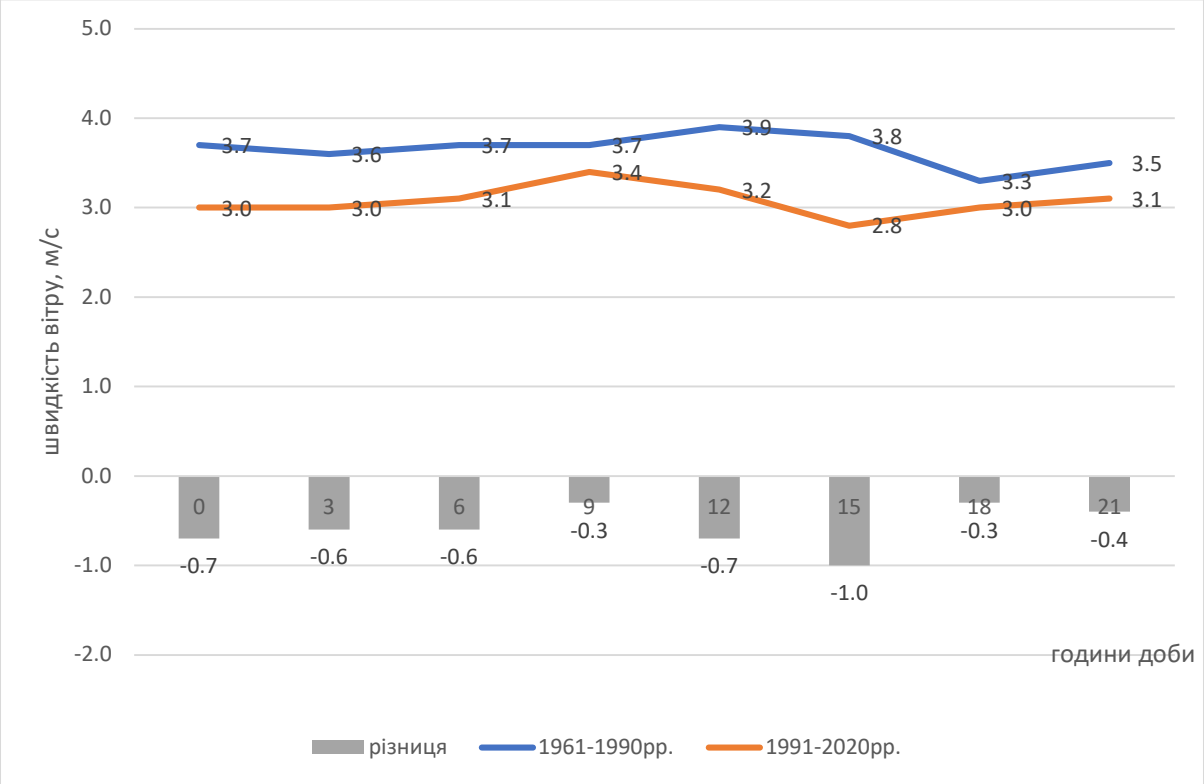


Рисунок 3.7 – Середня місячна швидкість вітру у строки спостережень на станції Одеса-обсерваторія (жовтень) у різні кліматичні періоди та різниця між ними, м/с

На рисунку 3.8 наведена поверхнева діаграма різниці швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія між другим та першим кліматичними періодами для усіх строків та усіх місяців року. Аналіз діаграми дозволяє підтвердити факт зменшення швидкості вітру у всі місяці року. Найбільше зменшення (1.0-1.5 м/с) припадає на січень лютий (усі строки), та на строк 15.00 (з січня по вересень). Термін 9.00 з травня по жовтень характеризується найменшим зменшенням швидкості (0.0-0.5 м/с). Решта місяців-термінів показують зменшення швидкості в діапазоні 0.5-1.0 м/с.

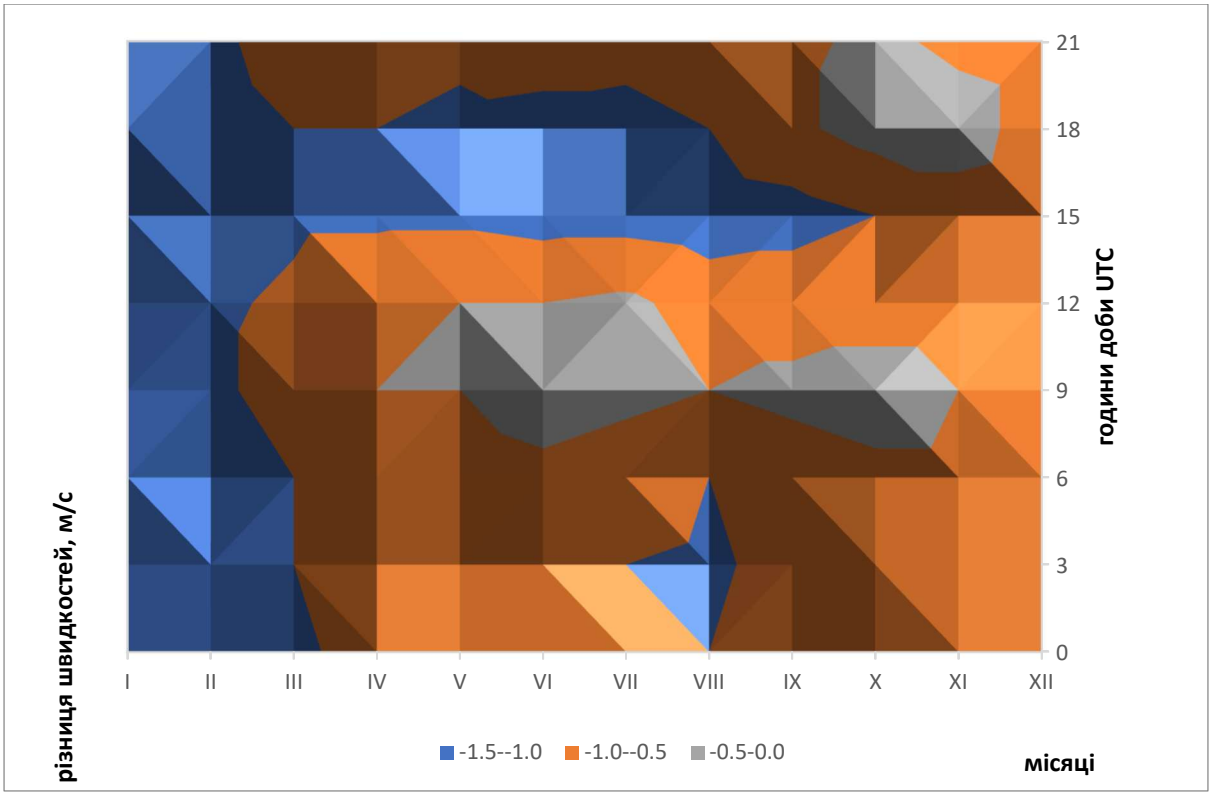


Рисунок 3.8 – Поверхнева діаграма різниці швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія між другим та першим кліматичними періодами для усіх строків та усіх місяців року (м/с)

3.3 Аналіз динаміки числа днів з різною швидкістю вітру на станції Одеса-обсерваторія

В цьому розділі кваліфікаційної роботи аналізується середнє число днів із швидкістю вітру 10,15,25 і 40 м/с та більше. Днем з такою швидкістю, за означенням [13, 14], вважається день, коли хоча б в один із строків спостережень відмічалась така швидкість вітру. Винятком є день із швидкістю 15 м/с та більше, який визначається як за даними швидкості вітру у строк спостережень, так і між строками.

В таблиці 3.3. представлене число днів з різним вітром на станції Одеса-обсерваторія. Для числа днів із швидкістю 10, 15 м/с та більше наведене середнє квадратичне відхилення. Крім того, для вітру із швидкістю 10 м/с та більше додано найменше та найбільше число днів з вказівкою року, коли вони відмічалися, а для числа днів зі швидкістю вітру15 м/с та більше - лише найбільше. Для складання таблиці використано дані за 1991-2020 рр., для визначення найменших та найбільших значень – період 1961-2020 рр.

Проаналізуємо внутрішньорічний розподіл кількості днів зі швидкістю 10 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія протягом періоду першої (1961-1990 рр.) та другої (1991-2020 рр.) кліматичної норми (рис. 3.9).

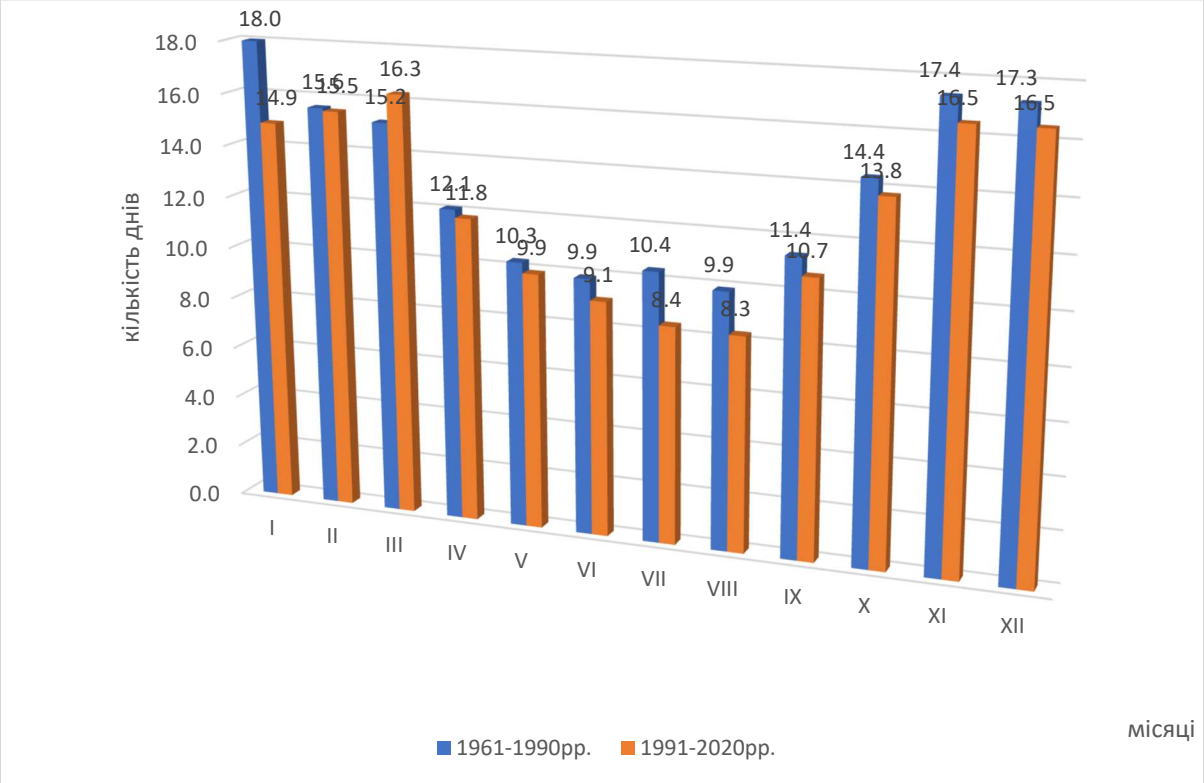


Рисунок 3.9 – Число днів з відром 10 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія протягом різних кліматичних періодів

Таблиця 3.3 – Число днів з різною швидкістю вітру на станції Одеса-обсерваторія у різні кліматичні періоди

Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1961-1990рр.													
Середнє число днів із швидкістю і 10 м/с	*18.0*	*15.6*	*15.2*	*12.1*	*10.3*	*9.9*	*10.4*	*9.9*	*11.4*	*14.4*	*17.4*	*17.3*	*161.9*
Середнє число днів із швидкістю і 15 м/с	*5.3*	*5.1*	*3.4*	*2.0*	*1.7*	*1.2*	*1.1*	*1.5*	*2.0*	*3.3*	*4.4*	*4.9*	*35.9*
Середнє число днів із швидкістю і 25 м/с	*0.1*	*0.1*	*0.1*	*0.03*	*0.0*	*0.0*	*0.03*	*0.0*	*0.03*	*0.1*	*0.2*	*0.1*	*0.8*
Середнє число днів із швидкістю і 40 м/с	*0.1*		*0.03*										*0.1*
1991-2020рр.													
Середнє число днів із швидкістю і 10 м/с	*14.9*	*15.5*	*16.3*	*11.8*	*9.9*	*9.1*	*8.4*	*8.3*	*10.7*	*13.8*	*16.5*	*16.5*	*151.7*
Найменше	*5*	*5*	*4*	*2*	*3*	*2*	*1*	*2*	*3*	*3*	*10*	*5*	*69*
Рік	*1964, 1999*	*1964*	*1967*	*1963, 1968*	*2017*	*1963*	*1963*	*2013*	*2012*	*1962*	*2020*	*1965*	*1964*
Найбільше	*30*	*23*	*22*	*24*	*24*	*20*	*25*	*20*	*24*	*24*	*27*	*28*	*261*
Рік	*1979*	*1975, 1984*	*2010*	*1979*	*1979*	*1976, 1982*	*1978*	*1977*	*1978*	*1979*	*1975*	*2009*	*1979*
Середнє число днів із швидкістю і 15 м/с	*3.1*	*2.1*	*2.2*	*1.4*	*0.6*	*0.7*	*0.9*	*0.6*	*1.2*	*2.4*	*3.7*	*2.9*	*21.8*
Найбільше	*13*	*17*	*10*	*6*	*7*	*5*	*5*	*8*	*6*	*8*	*14*	*10*	*69*
Рік	*1969*	*1969*	*1971*	*1961*	*1979*	*1966*	*1970, 1978*	*1971*	*1968*	*1976, 1987*	*1993*	*2012*	*1969*
Середнє число днів із швидкістю і 25 м/с	*0.0*	*0.0*	*0.1*	*0*	*0.0*	*0.03*	*0.03*	*0.03*	*0*	*0.1*	*0.0*	*0.0*	*0.3*

Аналіз таблиці 3.3 та рисунка 3.9 дозволять стверджувати, що число днів з вітром 10 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія має чітко виражений річний хід. Так в період першої кліматичної норми в літній період року число днів з вітром в зазначених межах зменшується від 9.9 (червень-серпень) до 10.3 м/с (травень), а в зимовий період – зростає від 17.3 (грудень) до 18.0 м/с (січень). Такий розподіл числа днів з вітром обумовлений характером загальної циркуляції та радіаційними процесами. В період другої кліматичної норми найменша кількість днів з вітром 10 м/с та більше фіксується в серпні-липні (8.3-8.4 дня відповідно), а найбільша – у листопаді грудні (16.5 дня для обох місяців).

Щодо багаторічної динаміки числа днів з вітром 10 м/с та більше на станції Одеса-обсерваторія слід зазначити тенденцію до зменшення кількості днів з вітром зазначеної швидкості за досліджуваний період протягом більшості місяців року, окрім березня, для якого характерний ріст на величину 1.1 дня в період другої кліматичної норми (1991-2020рр.). У всі інші місяці року число днів зменшується, величина зменшення коливається від 0.1 дня (лютий) до 3.1 дня (січень). Число днів з вітром 10 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія за рік від першого кліматичного періоду до другого зменшилось більш ніж на 10 днів (табл. 3.3).

Що стосується абсолютних екстремальних чисел днів з вітром 10 м/с та більше на станції Одеса-обсерваторія, то вони також мають річний хід (рис. 3.10): максимальна кількість і найменшого і найбільшого числа днів припадає на зимовий період, причому абсолютний мінімум складає 10 днів (грудень), а абсолютний максимум – 30 днів (січень). Мінімальна кількість і найбільшого і найменшого числа днів припадає на літній період: абсолютний мінімум – 1 день (липень), абсолютний максимум – 20 днів (червень-серпень).

Примітним також є той факт, що абсолютна більшість як найбільшого так і найменшого числа днів з вітром припадає на період першої кліматичної норми (1961-1990 рр.).

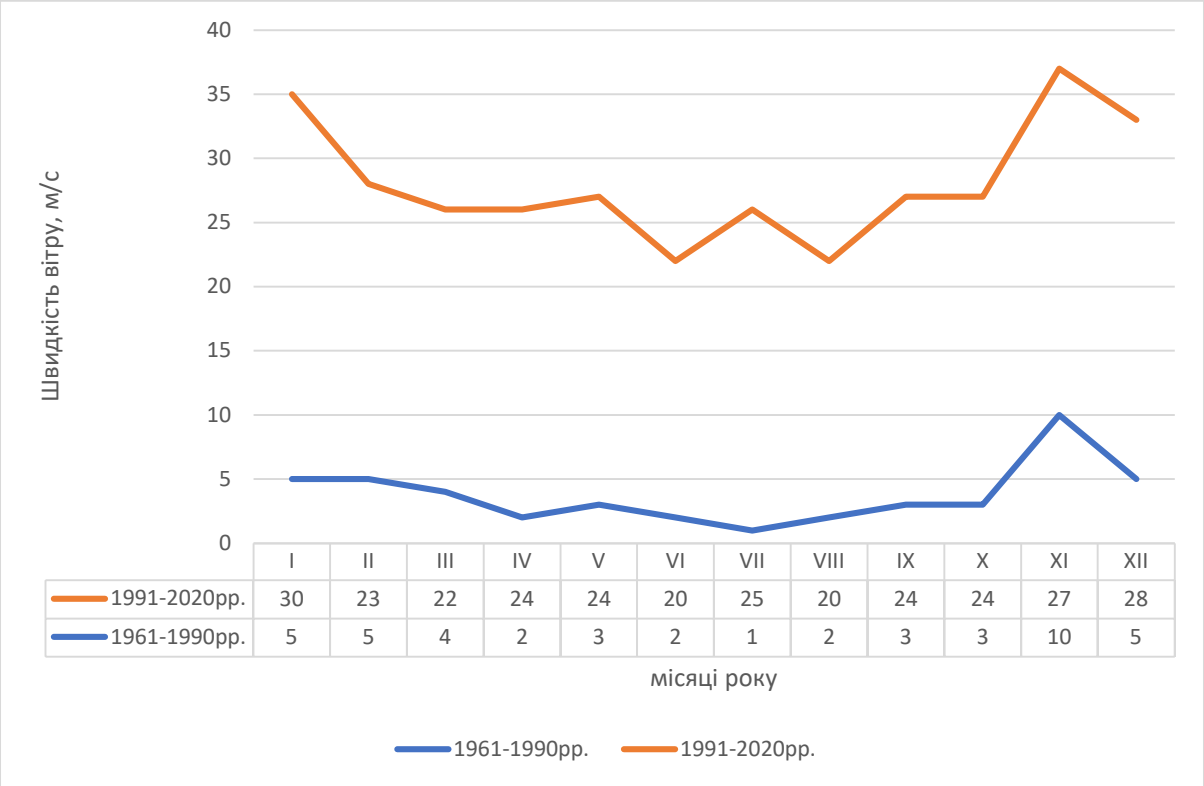


Рисунок 3.10 – Абсолютні мінімуми (максимуми) числа днів з вітром 10 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія

Число днів з вітром 15 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія протягом періоду першої та другої кліматичної норми наведене в таблиці 3.3 та візуалізовано на рисунку 3.11. Як бачимо, зазначена характеристика протягом обох періодів має чіткий річний хід з мінімумом влітку – 1.1 (липень, 1961-1990рр.) та 0.6 м/с (травень, серпень 1991-2020рр.) та максимумом взимку – 5.3 (січень, 1961-1990рр.) та 3.7 (листопад, 1991-2020рр.).

Як і для попередньої величини, для числа днів з вітром 15 м/с зберігається тенденція щодо зменшення протягом періоду останньої

кліматичної норми. Як показує рис. 3.11, зменшення числа з днів з вітром відбувається протягом усіх місяців року, досягаючи максимальних значень в зимовий період – з грудня по лютий (зменшення відбувається на величину 2.0, 2.2. та 3.0 дня відповідно). Найменше кількість днів зменшується в літній період – червень-липень (величина зменшення складає 0.5 та 0.2 дня відповідно). За період другої кліматичної норми річна кількість числа днів з вітром 15 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія зменшилась до 21.8 дня, що на 14.1 дня менше ніж в період першої кліматичної норми.

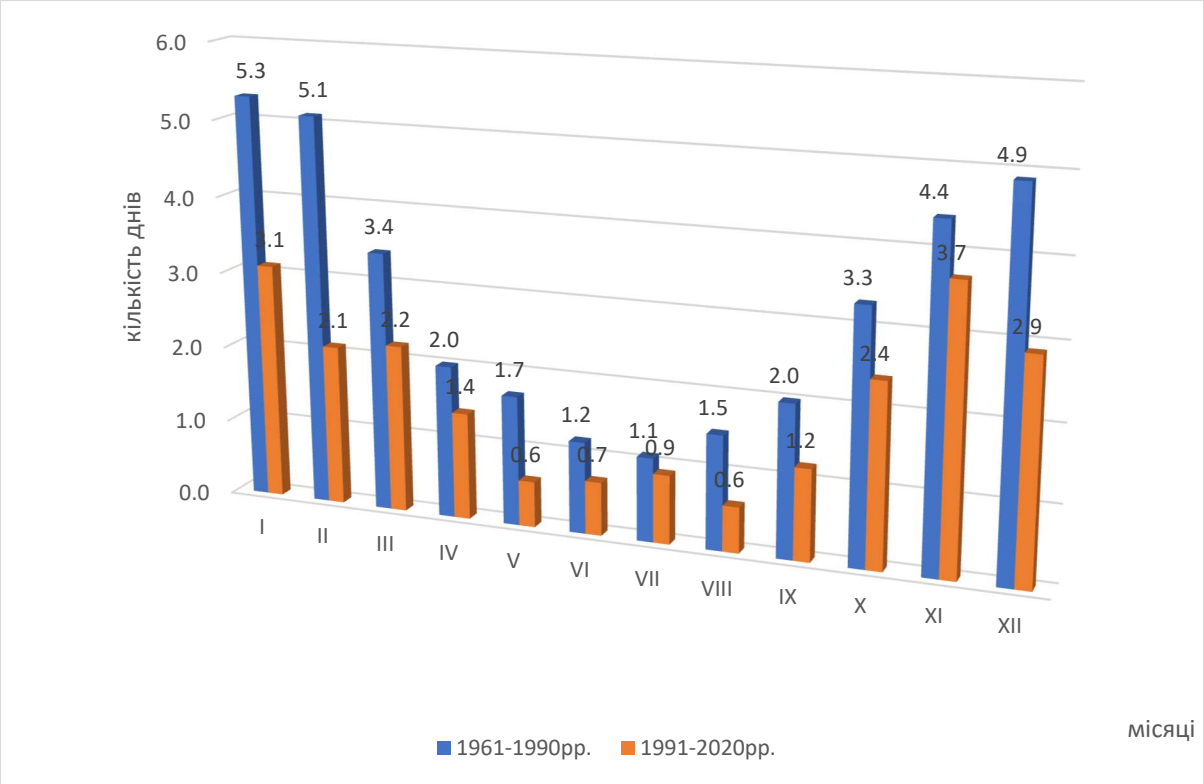


Рисунок 3.11 – Число днів з відром 15 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія протягом різних кліматичних періодів

Річний розподіл абсолютних максимальних значень числа днів з вітром 15 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія, представлений на рисунку 3.12. Загальний внутрішньорічний розподіл зберігається: найбільші значення числа днів фіксуються в холодний період року

(листопад – 17, лютий – 14 днів), а найменші – в теплий (червень-липень – по 5 днів).

Примітним також є той факт, що найбільші значення числа днів, яке розглядається, для усіх місяців року (окрім грудня) були зафіксовані в період першої кліматичної норми, що також підтверджує нашу гіпотезу про зменшення швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія протягом досліджуваного періоду.

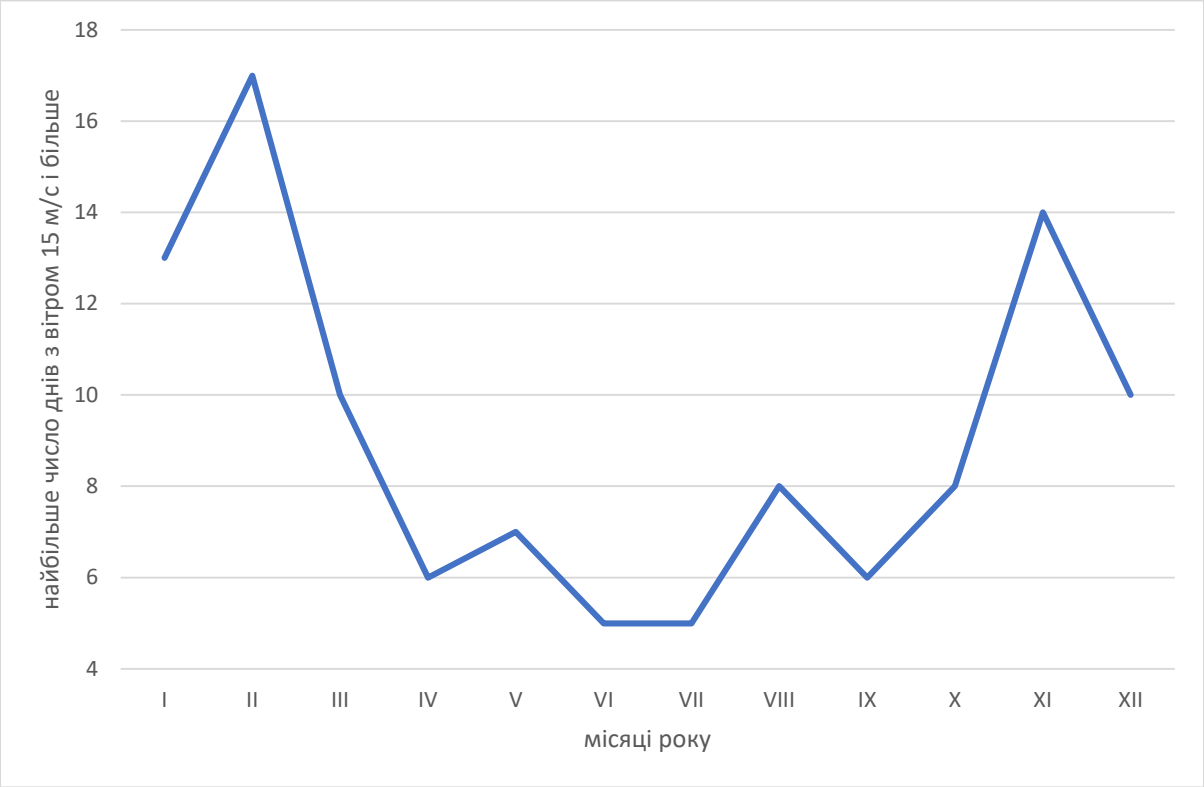


Рисунок 3.12 – Найбільше число днів з вітром 15 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія

Внутрішньорічний розподіл числа днів з вітром 25 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія за період двох останніх кліматичних норм представлено на рисунку 3.14. Як бачимо, в період першої кліматичної норми число днів з вітром 25 м/с і більше з жовтня по березень складає 1 день на 100 років, зв винятком листопада, в якому

фіксується два дні га сто років з вітром 25 м/с і більше. В квітні, липні та вересні число днів з вітром 25 м/с і більше фіксується 3 дні на 100 років. Зазначимо, що в цей період в травні, червні та серпні вітри 25 м/с і більше не фіксуються взагалі.

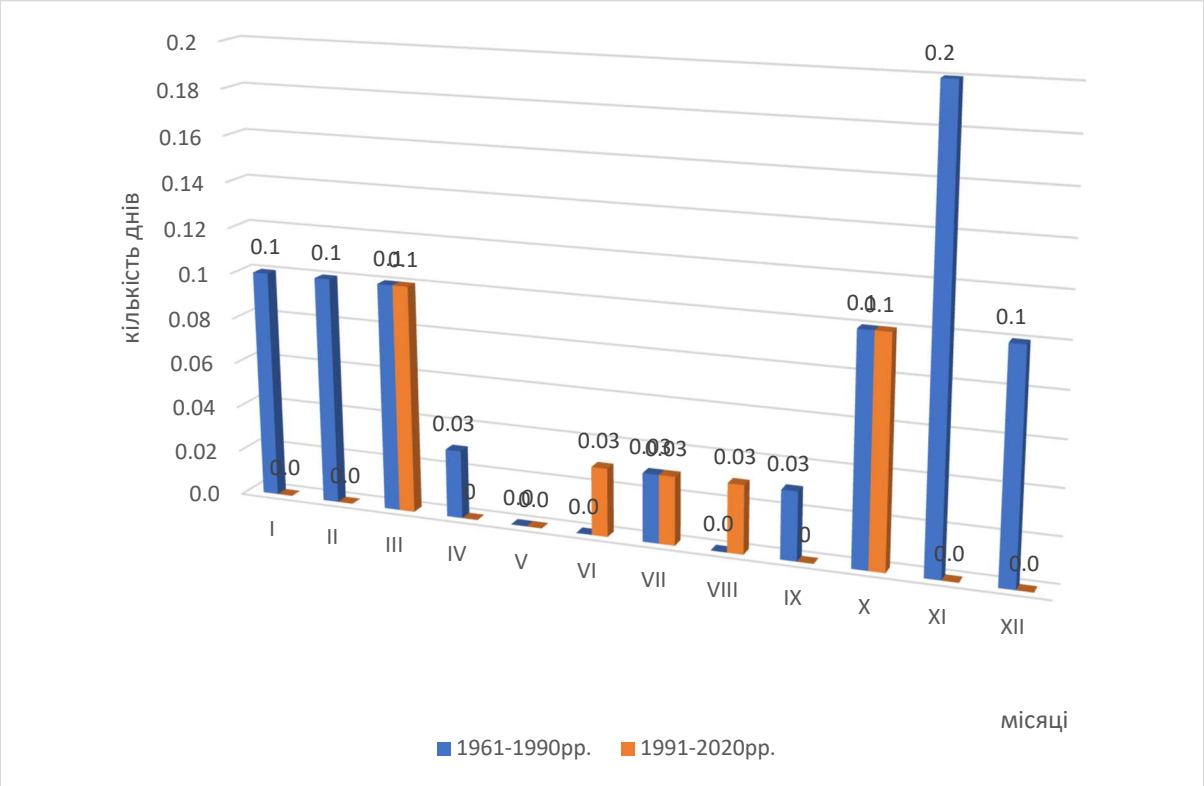


Рисунок 3.13 – Число днів з відром 25 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія протягом різних кліматичних періодів

В період другої кліматичної норми число днів з вітром 25 м/с і більше дещо зменшується. Так один раз на 10 років вітер такої швидкості фіксується у травні та листопаді, а 3 рази на сто років – у червні, липні та серпні. У решту місяців року вітер 25 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія не фіксується в період другої кліматичної норми (рис. 3.13).

Число днів з вітром 40 м/с і більше зустрічається тільки в період першої кліматичної норми (1961-1990рр.) і складає (табл. 3.3)

1 день за десять років у січні та 1 день за 33 роки у березні. У період другої кліматичної норми вітер, швидкістю 40 м/с і більше не фіксувався жодного разу, що також підтверджує гіпотезу про зменшення як швидкості вітру так і числа днів з вітром протягом досліджуваного періоду на станції Одеса-обсерваторія.

3.4 Аналіз динаміки максимальної швидкості вітру різної ймовірності рівної та вищої вказаних значень на станції Одеса-обсерваторія

В таблиці 3.4 наведено дані, які представляють собою максимальну швидкість вітру, можливу один раз у N років. Максимальна швидкість вітру різної ймовірності розраховувалась за допомогою функції розподілу Вейбулла. Для складання таблиці використано ряди максимальних значень швидкості вітру за період 1991-2020 рр.

Проаналізуємо максимальну швидкість вітру 1% ймовірності, тобто таку, що можлива один раз на 100 років (рис. 3.14). Як бачимо, в період першої кліматичної норми (1961-1990рр.) швидкість вітру 1% ймовірності може досягати в зимовий період на станції Одеса-обсерваторія 38 м/с (березень) та навіть 40 м/с (січень). В літній період швидкість вітру 1% ймовірності значно менша – 21м/с (червень), 23 м/с (серпень). В перехідні сезони швидкість вітру 1% забезпеченості в період першої кліматичної норми коливається в межах 26 м/с (вересень-жовтень) – 28 м/с (квітень). В період другої кліматичної норми (1991-2020рр.) вітер 1% ймовірності на станції не виказує залежності від пори року і змінюється в діапазоні від 19 м/с (травень) до 30 м/с (червень-жовтень).

Таблиця 3.4 – Максимальна швидкість вітру різної ймовірності рівної та вищої вказаних значень на станції Одеса-обсерваторія [13, 14]

ймовірність	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1961-1990рр.													
1	40	29	38	28	24	21	27	23	26	26	31	30	43
5	31	26	28	24	21	19	23	20	24	23	26	26	36
10	27	24	24	22	20	18	21	19	22	22	24	24	32
25	22	21	20	19	18	17	17	17	19	19	21	21	27
50	19	18	17	16	16	15	14	14	17	17	18	18	23
75	16	16	15	13	14	13	12	12	14	14	16	16	20
90	16	14	15	12	12	11	10	11	12	12	15	14	18
95	15	13	15	11	11	10	9	10	11	11	15	14	17
99	15	11	14	10	10	9	9	10	10	10	14	13	17
1991-2020рр.													
1	25	25	28	23	19	30	29	28	23	30	24	24	34
5	23	22	23	21	17	22	23	22	20	25	23	22	29
10	22	21	21	19	17	19	20	19	19	22	22	21	27
25	20	19	18	17	16	16	16	16	17	19	20	19	24
50	18	17	16	15	15	13	14	14	15	16	18	17	21
75	16	15	14	14	13	12	12	12	13	14	16	15	20
90	14	14	14	12	13	12	12	12	12	13	14	14	19
95	13	13	14	12	12	12	12	12	12	13	13	13	18
99	12	12	13	11	11	12	12	12	11	13	11	12	18

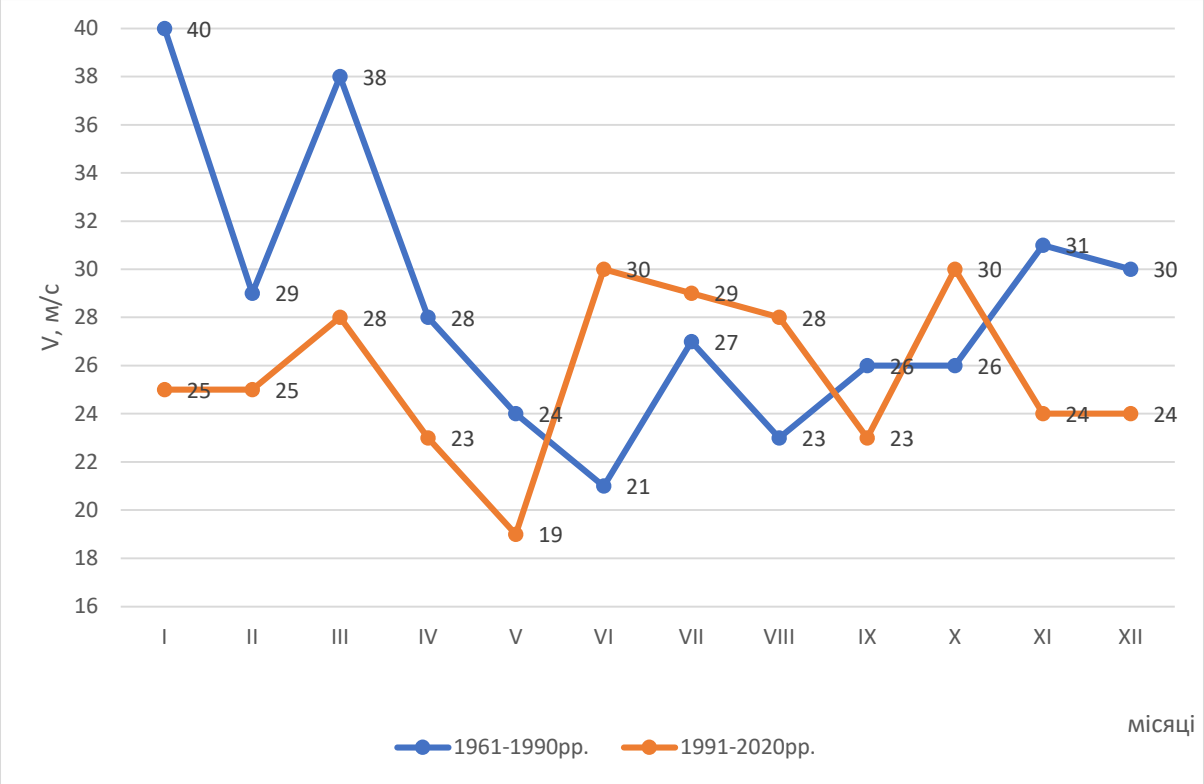


Рисунок 3.15 – Максимальна швидкість вітру, яка можлива на станції Одеса-обсерваторія один раз на 100 років

Якщо розглядати динамку максимальної швидкості вітру 1% ймовірності за досліджуваний період, то можна відмітити ряд закономірностей, а саме значне її зменшення в зимовий період (жовтень на 7 м/с, листопад на 6 м/с, грудень на 9 м/с, січень на 15 м/с, лютий на 4 м/с, березень на 10 м/с, квітень та травень на 5 м/с) та зростання в літній (червень на 9 м/с, липень на 2 м/с, серпень на 5 м/с, жовтень на 4 м/с). Тобто швидкість зимових вітрів 1% забезпеченості на станції Одеса-обсерваторія стала значно менша, а літніх – навпаки, дещо зросла.

Розглянемо максимальні вітри 5% забезпеченості, тобто такі, які можливі на станції Одеса-обсерваторія один раз на 20 років (рис. 3.16). В період першої кліматичної норми (1961-1990рр.) вітри 5% забезпеченості мають добре виражений річний хід з максимумом у січні (31 м/с) та лютому

(28 м/с). Мінімальні швидкості фіксуються влітку: червень (18 м/с), серпень (20 м/с).

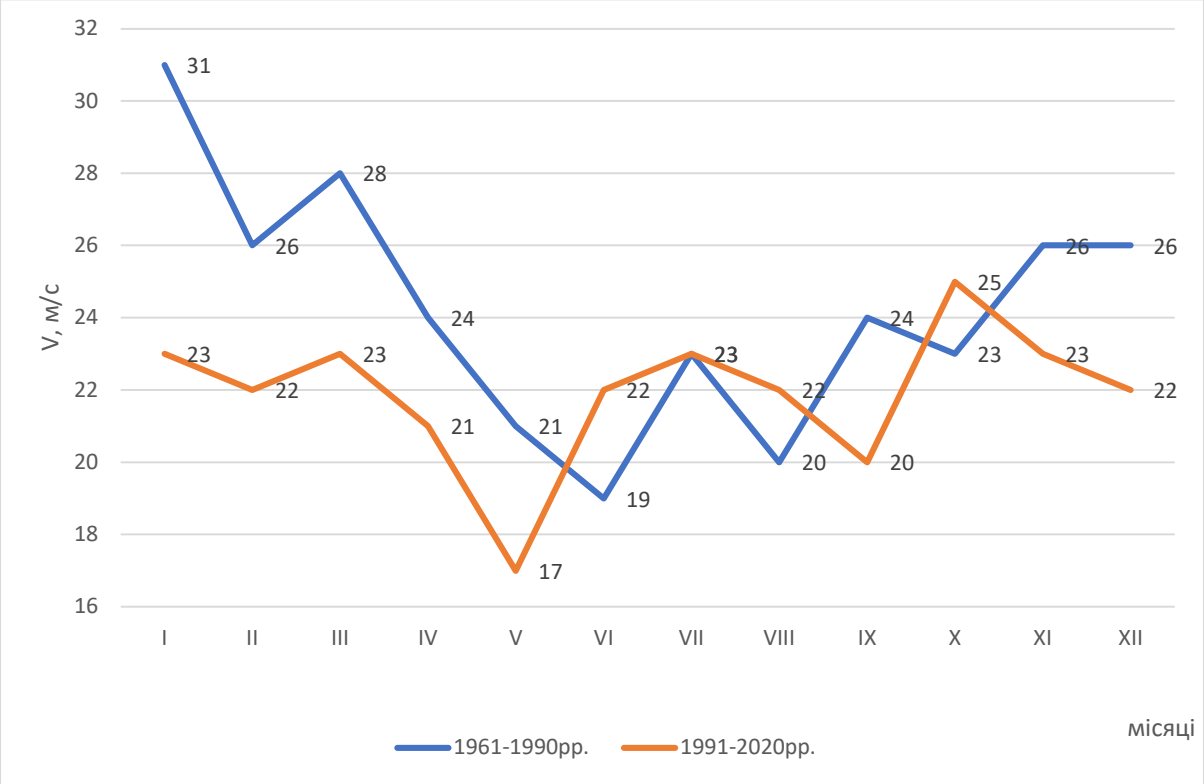


Рисунок 3.16 – Максимальна швидкість вітру, яка можлива на станції Одеса-обсерваторія один раз на 20 років

В перехідні сезони на станції Одеса-обсерваторія максимальні вітри 5% імовірності можуть досягати 23 (жовтень) – 24 м/с (квітень-вересень). В період другої кліматичної норми швидкість вітрів 5% ймовірності значно зменшується в зимовий період та дещо зростає – в літній. Річний хід не виражений. Максимальні швидкості фіксуються в жовтні (25 м/с), мінімальні – в травні (17 м/с). Максимальні швидкість вітру в решту місяців року на станції Одеса-обсерваторія протягом періоду другої кліматичної норми раз на двадцять років може досягати 22 м/с (лютий, червень, серпень, грудень) – 23 м/с (січень, березень, липень, листопад). Таким чином, різниця між максимальними швидкостями вітру 5% імовірності між

першим та другим періодами кліматичної норми склала: у бік зменшення – січень (8 м/с), лютий (4 м/с), березень (5 м/с), квітень (3 м/с), травень (4 м/с), вересень (3 м/с), листопад (7м/с), грудень (9 м/с); у бік зростання – червень (3 м/с), серпень та жовтень (2 м/с). В липні місяці швидкість вітру 5% імовірності залишилась без змін.

Розглянемо динаміку максимальної швидкості вітру 99% імовірності на станції Одеса-обсерваторія (рис. 3.17) протягом досліджуваного періоду (1961-2020рр.). Тобто максимальні вітри, які можливі на станції щорічно.

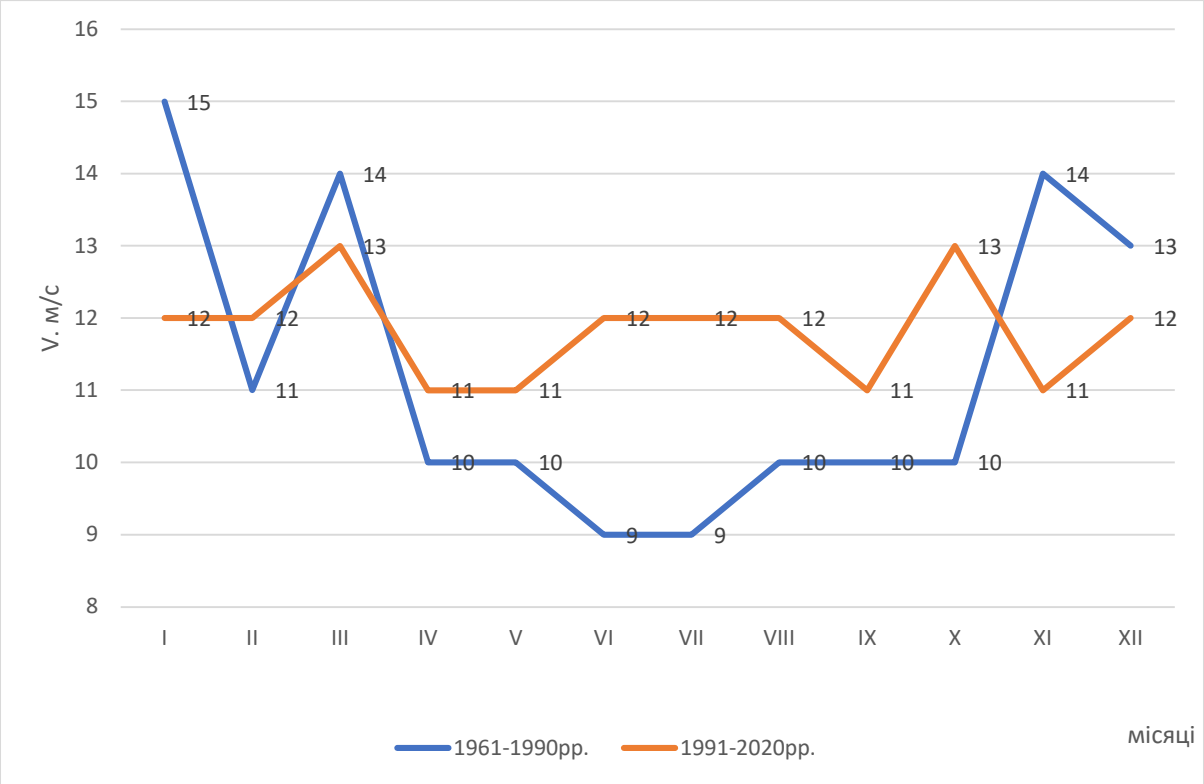


Рисунок 3.17 – Максимальна швидкість вітру, яка можлива на станції Одеса-обсерваторія кожного року

Так в період першої кліматичного норми (1961-1990рр.) максимальні швидкості вітру 99% ймовірності на станції Одеса-обсерваторія складали 14 (листопад, березень) – 15 м/с (січень). Максимальні найнижчі вітри 99% ймовірності влітку складають 9 м/с (червень-липень). В перехідні сезони

швидкість вітрів 99% ймовірності на станції складає 10 м/с (квітень, травень, серпень, вересень, жовтень).

В період другої кліматичної норми (1991-2020рр.) картина розподілу максимального вітру, який можливий на станції щороку, зовсім змінюється: найбільші максимальні швидкості припадають на перехідні сезони – березень, жовтень і складають 13 м/с. У лютому, квітні, травні, жовтні та листопаді максимальні швидкості вітру 99% досягають 11 м/с, а у решту місяців року – 12 м/с.

Таким чином, зафіксували зменшення щорічної максимальної швидкості вітру протягом досліджуваного періоду у січні (3 м/с), березні (1 м/с), листопаді (3 м/с) та грудні (1 м/с). У всі інші місяці року щорічна максимальна швидкість вітру на станції Одеса-обсерваторія зростає на величину від 1 (лютий, квітень, травень, вересень) до 3 м/с (червень, липень, жовтень).

4 ПАНУЮЧИЙ НАПРЯМОК ВІТРУ НА СТАНЦІЇ ОДЕСА-ОБСЕРВАТОРІЯ ТА ЙОГО ДИНАМІКА В СВІТЛІ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

В розділі аналізується пануючий напрямок вітру на станції Одеса-обсерваторія та його зміни за досліджуваний період років (1961-2020 рр.). В таблиці 4.1 наведено середню повторюваність напряму вітру у відсотках від загального числа спостережень за кожний місяць і рік без врахування штилю. Повторюваність штилю обчислено у відсотках від загального числа спостережень [13, 14].

Для складання таблиці використано ряди строкових спостережень за період 1991-2020 рр.

Усі дані таблиці 4.1 були візуалізовані у вигляді рози вітрів для кожного місяця року та для середньорічних значень (рис. 4.1-4.13).

На рис. 4.1 представлена роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія за січень-місяць. Як бачимо, пануючим напрямком вітру в період першої кліматичної норми є північний напрямок, його повторюваність складає 19.0 %. Найменшу повторюваність в цей період в січні має південно-східний напрямок вітру (5.3 %).

В період другої кліматичної норми пануючим напрямком вітру залишається північний напрямок. Його повторюваність зростає 19.7 %. Найменшу повторюваність в період другої кліматичної норми, так само як і в період першої, має південно-східний напрямок вітру (4.9%). Повторюваність інших напрямків коливається в межах 7.8-18.5%. Отже в січні зміни пануючого напрямку вітру не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається північний напрямок вітру.

В лютому в період першої кліматичної норми відбувається зміна пануючого напрямку вітру: з ймовірністю 19.7 % пануючим є північно-

східний напрямок вітру (рис. 4.2). Слід зазначити, що повторюваність північного напрямку залишається досить високою – 19.0%. Найменшу повторюваність, як і в січні, має південно-східний напрямок (5.8%). Повторюваність інших напрямків коливається в межах від 9.2 (південний, південно-західний напрямок) до 13.6 % (східний напрямок).

В період другої кліматичної норми відбувається зміна пануючого напрямку вітру. В 1991-2020рр. пануючим вітром в лютому є вітер північного напрямку, повторюваність якого в цей період складає 19.0%.

Таблиця 4.1 – Повторюваність напрямку вітру та штилю

Місяць	Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗ	Штиль
1961-1990 рр.									
I	19.0	16.5	9.7	5.3	7.6	11.3	16.1	14.5	2.2
II	19.0	19.7	13.6	5.8	9.2	9.2	11.8	11.7	1.8
III	19.4	18.1	12.2	7.5	14.0	9.8	9.5	9.5	1.7
IV	16.2	11.8	6.4	9.6	22.8	11.7	11.1	10.4	2.6
V	17.0	10.2	7.5	9.9	22.9	11.2	11.6	9.7	2.9
VI	17.1	7.6	4.6	7.7	21.9	12.1	14.1	14.9	2.7
VII	18.6	7.5	4.3	6.2	16.5	9.5	17.2	20.2	1.8
VIII	22.8	8.3	5.2	7.1	13.8	9.6	14.3	18.9	1.2
IX	17.7	9.2	7.1	7.4	13.0	11.5	17.7	16.4	1.7
X	18.4	11.9	10.0	7.1	11.8	11.5	15.6	13.7	1.5
XI	16.1	12.9	12.9	5.5	9.9	11.8	17.7	13.2	1.8
XII	18.3	11.6	9.2	4.8	8.2	12.2	19.7	16.0	1.9
Рік	18.3	12.1	8.6	7.0	14.3	10.9	14.7	14.1	2.0
1991-2020 рр.									
I	19.7	12.1	7.8	4.9	9.0	11.0	18.5	17.0	1.9
II	19.0	12.9	8.6	5.0	11.9	11.1	15.6	15.9	1.8
III	19.0	13.2	6.7	6.6	15.0	11.4	13.5	14.6	2.0
IV	13.2	10.1	7.2	9.7	21.6	12.6	13.0	12.6	2.7
V	13.4	8.9	7.8	8.9	21.0	12.5	13.6	13.9	2.5
VI	14.1	8.2	6.2	8.0	16.9	11.5	13.8	21.3	3.2
VII	16.4	10.1	6.1	7.0	15.0	9.0	13.7	22.7	3.0
VIII	17.9	11.9	7.7	7.3	11.9	8.0	13.1	22.2	3.2
IX	13.9	11.2	9.2	7.6	11.7	9.6	16.1	20.7	2.3
X	14.1	13.6	11.2	6.8	12.1	10.6	14.1	17.5	2.8
XI	13.5	12.8	13.5	7.8	12.3	11.0	14.8	14.3	1.8
XII	17.2	12.4	8.2	3.6	8.4	14.2	19.3	16.7	1.6
Рік	16.0	11.5	8.4	6.9	13.9	11.0	14.9	17.4	2.4

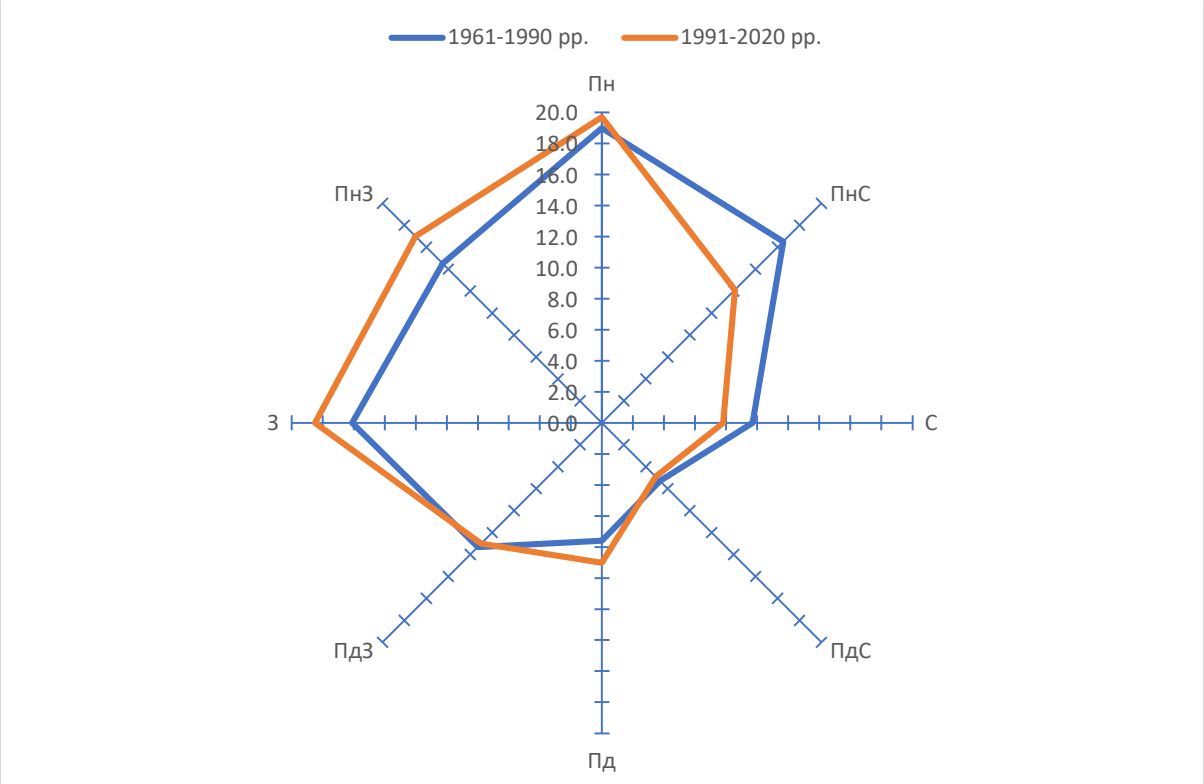


Рисунок 4.1 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (січень)

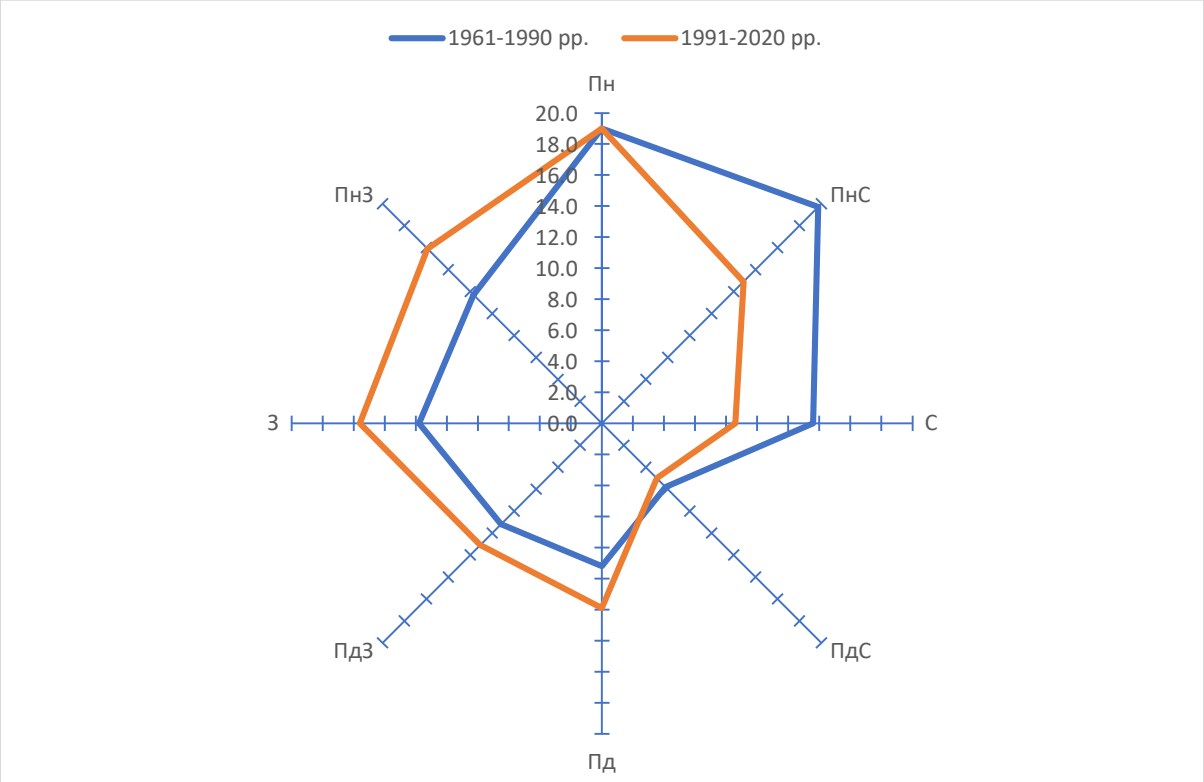


Рисунок 4.2 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (лютий)

Повторюваність усіх інших напрямків в цей період значно менша, мінімум повторюваності припадає знову на південно-східний напрямок вітру (5.0 %). Повторюваність інших напрямків складає 8.6 (східний) – 15.9 % (північно-західний напрям). Таким чином в лютому фіксується зміна пануючого напрямку вітру з північно-східного (перша кліматична норма) на північний (друга кліматична норма).

В березні місяці в період першої кліматичної норми пануючим напрямком вітру є північний напрямок, його повторюваність досягає 19.4% (рис. 4.3). Також дуже високу повторюваність маж сусідній румб – ПнСх (18.1 %). Найменшу повторюваність має південно-східний напрямок (7.5 %). Повторюваність усіх інших напрямків вітру коливається в межах від 9.5 (західний, північно-західний напрямки) до 12.2% східний напрямок вітру.

В період другої кліматичної норми зміна пануючого напрямку вітру не відбувається, пануючим лишається північний напрямок вітру (19.0%). В цей період значно знижується повторюваність північно-східного напрямку вітру до 13.2%. Найменшу повторюваність має східний та південно-східний напрямки, 6.7 та 6.6 % відповідно. Повторюваність інших напрямків коливається в межах від 11.4 (південно-західний напрямок) до 15.0 % (південний напрямок). Отже в березні, як і в січні, зміни пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається північний напрямок вітру.

У квітні (рис. 4.4) відбувається суттєва перебудова приземного поля вітру (табл. 4.1). В період першої кліматичної норми пануючим є південний напрямок віту, повторюваність якого досягає22.8 %. Повторюваність усіх інших напрямків в цей період значно нижча і складає 9.6% (південний-схід) – 16.2 % (північний напрямок). Найменшу повторюваність має східний напрямок вітру (6.4 %).

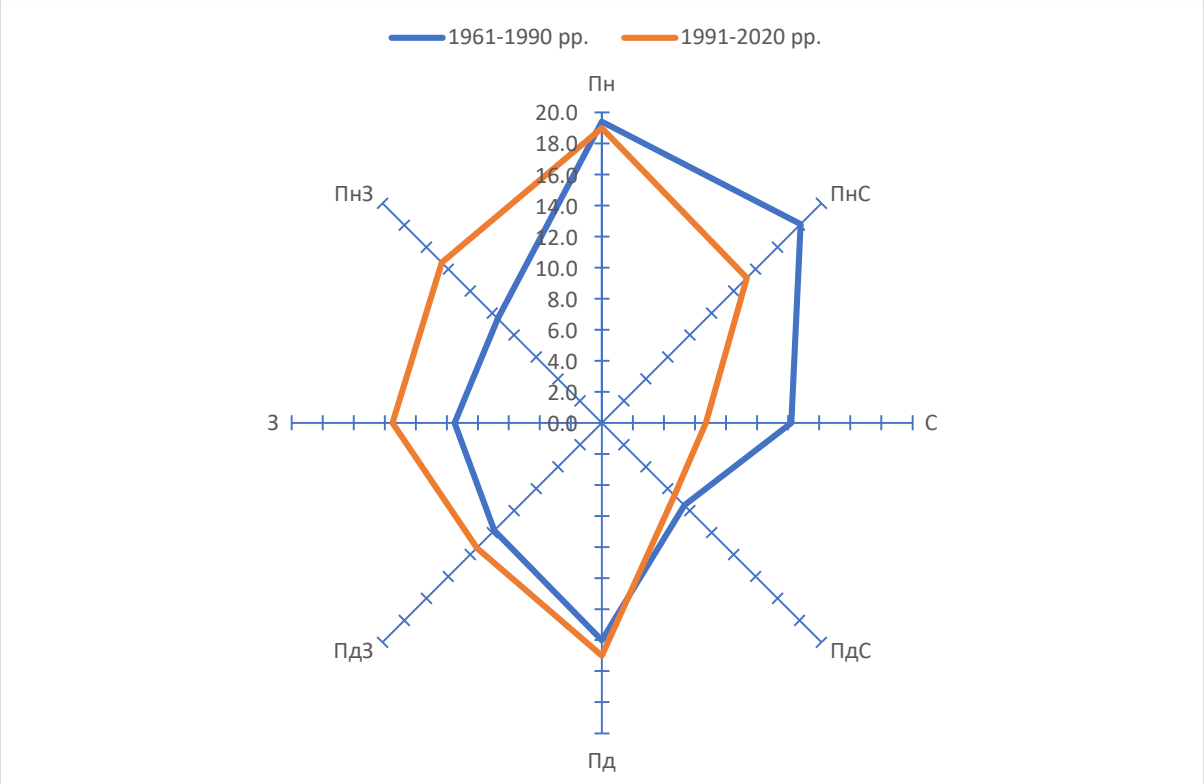


Рисунок 4.3 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (березень)

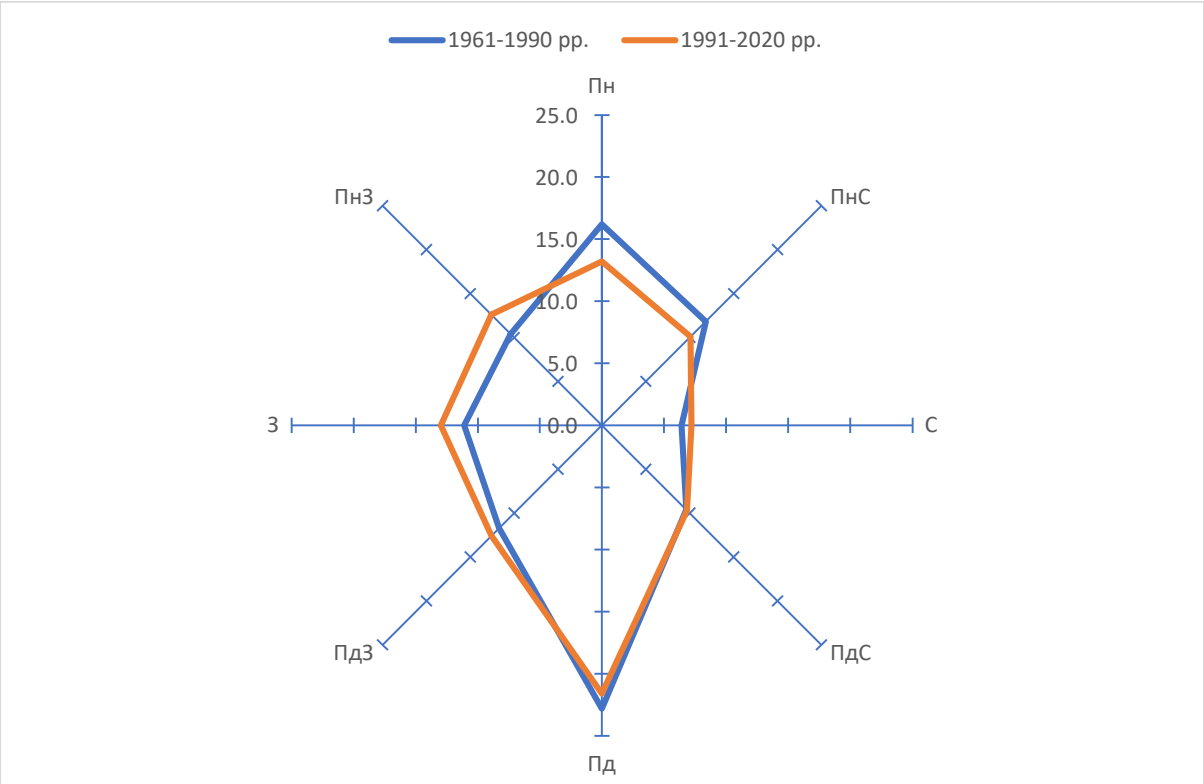


Рисунок 4.4 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (квітень)

У період другої кліматичної норми зміни пануючого напрямку вітру в квітні на станції не відбувається, пануючим залишається південний напрямок (21.6%). Найменшу повторюваність так само має східний напрямок (7.2 %). Повторюваність інших напрямків досягає 9.7 (південно-східний напрямок) – 13.2% (північний напрямок). Отже, в квітні, як і в березні, зміни пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається вітер південного напрямку.

Квітневий розподіл напрямку вітру зберігається й у травні (рис. 4.5). В період 1961-1990 рр. пануючим лишається південний напрямок вітру, повторюваність якого в цей період на станції складає 22.9 %. Найменшу повторюваність має східний напрямок – 7.5 %. Повторюваність інших напрямків змінюється з 9.7 (північно-західний) до 17.0 % (північний напрямок).

В період 1991-2020 рр. в травні пануючий напрямок вітру на станції не змінює свого напрямку (південь, 21.0 %). Найменша повторюваність припадає на східний напрямок (7.8 %). Повторюваність інших напрямків обмежена діапазоном від 8.9 % (північний-схід, південний-схід) до 13.9 % (північний-захід). Отже, в травні зміни пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається вітер південного напрямку.

В червні-місяці в період першої кліматичної норми, як і в попередньому місяці, пануючим на станції залишається південний напрямок вітру (рис. 4.6). Його повторюваність складає в цей період 21.9 %. Найменша повторюваність зберігається за східним напрямком – 4.6%. Повторюваність інших напрямків складає від 7.7 % (північно-східний) до 17.1 % (північний напрямок вітру).

В період II кліматичної норми відбувається перебудова приземного поля вітру і, відповідно, зміна пануючого напрямку вітру на станції.

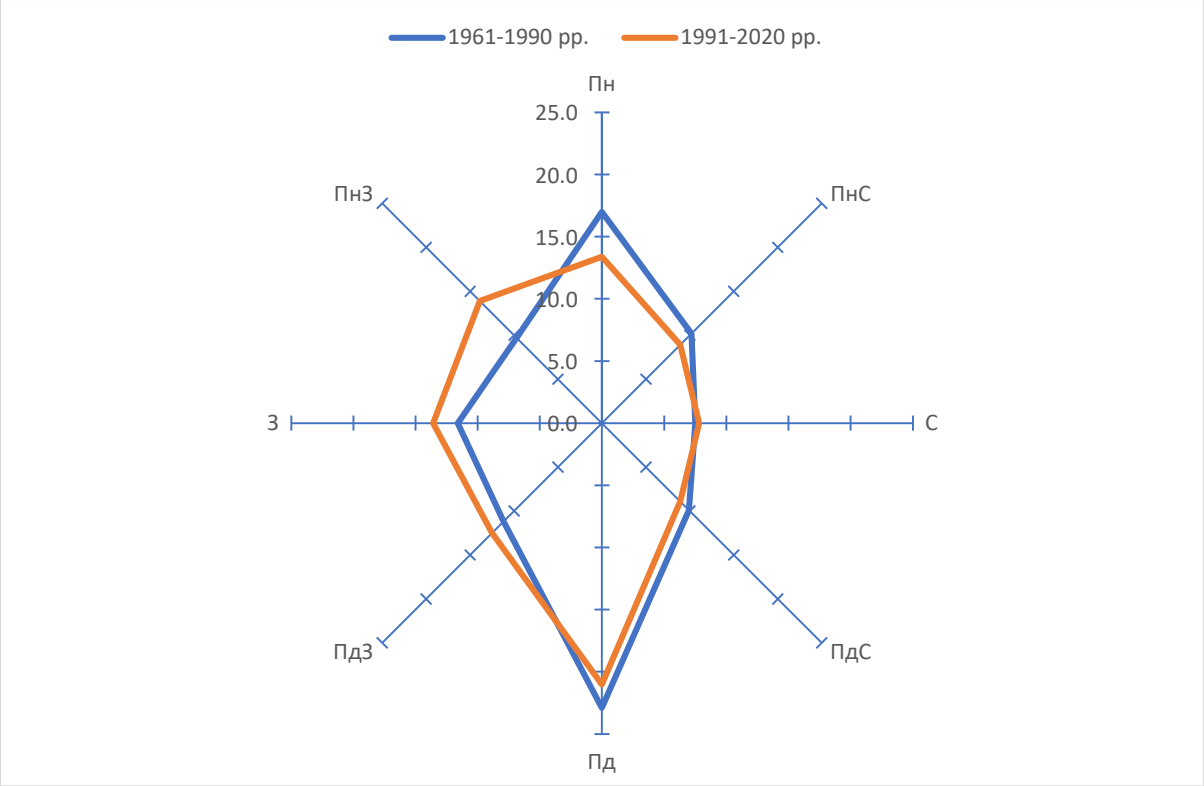


Рисунок 4.5 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (травень)

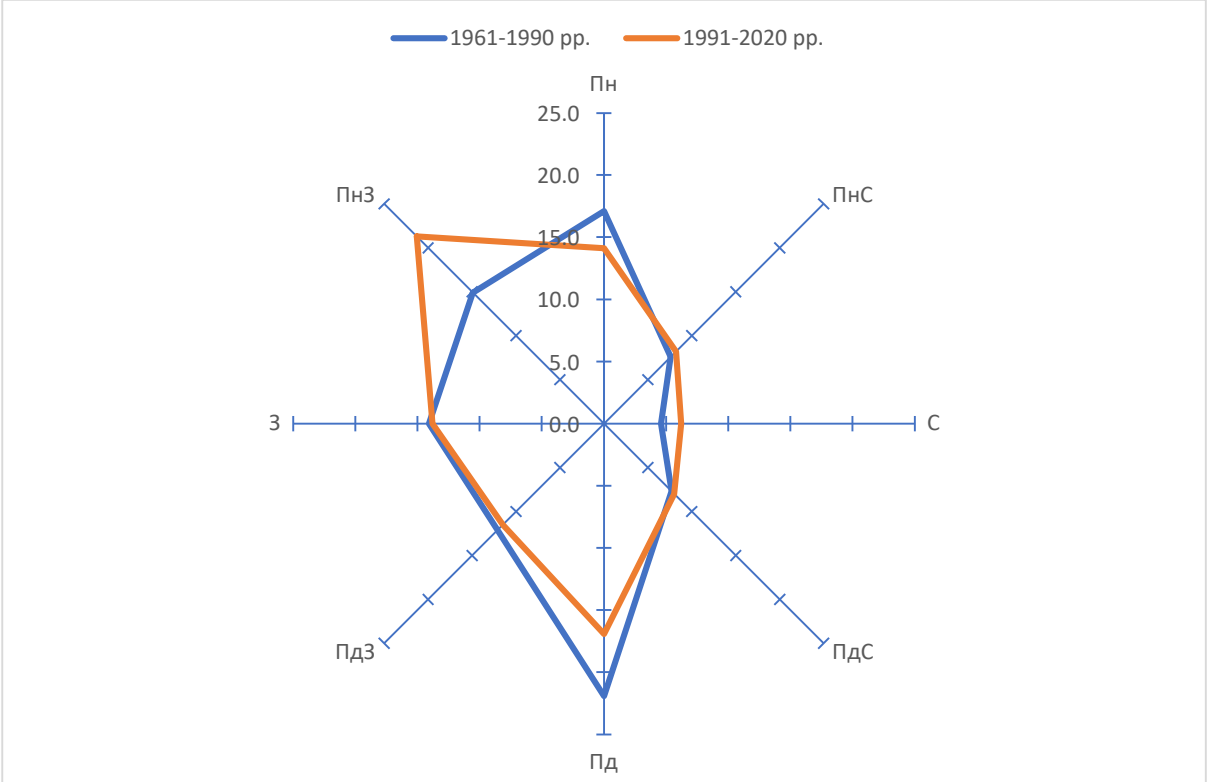


Рисунок 4.6 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (червень)

Пануючим стає вітер північно-західного напрямку, його повторюваність досягає 21.3 %. Найменшу повторюваність традиційно має східний напрямок вітру (6.2 %). Повторюваність усіх інших напрямків складає від 8.0 % (південно-східний напрямок) до 14.1 % (північний напрямок). Таким чином в червні фіксується зміна пануючого напрямку вітру з південного (період І кліматичної норми) на північно-західне (період ІІ кліматичної норми).

В липні в період першої кліматичної норми пануючим напрямком вітру є вітер північно-західної складової (рис. 4.7), його повторюваність складає в цей період 20.2 %. Найменшу повторюваність традиційно має східний напрямок (4.3 %). Повторюваність інших напрямків складає від 6.2 % (південно-східний напрямок) до 17.2 % (західний напрямок).

В період другої кліматичної норми поле вітру залишається без змін. Повторюваність пануючого північно-західного напрямку зростає 22.7 %, а повторюваність інших коливається в межах від 6.1, 7.0 % (східний та південно-східний напрямки) до 16.4 % (північний напрямок). Отже, в липні зміни пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається вітер північно-західного напрямку.

В серпні в період 1961-1990 рр. пануючий вітер змінює свій напрямок на північний, з повторюваністю 22.8 % (рис. 4.8). Повторюваність інших напрямків складає від 5.2, 7.1 % (східний, південно-східний напрямки) до 18.9 % (північно-західний напрямок).

В період 1991-2020 рр. відбувається зміна пануючого напрямку вітру на північно-західний, повторюваність якого досягає 22.2 %, що значно вище повторюваності усіх інших напрямків: 7.3, 7.7% (південно-східний, східний напрями) – 17.9 % північний напрям. Таким чином в серпні фіксується зміна пануючого напрямку вітру з північного (період І кліматичної норми) на північно-західне (період ІІ кліматичної норми).

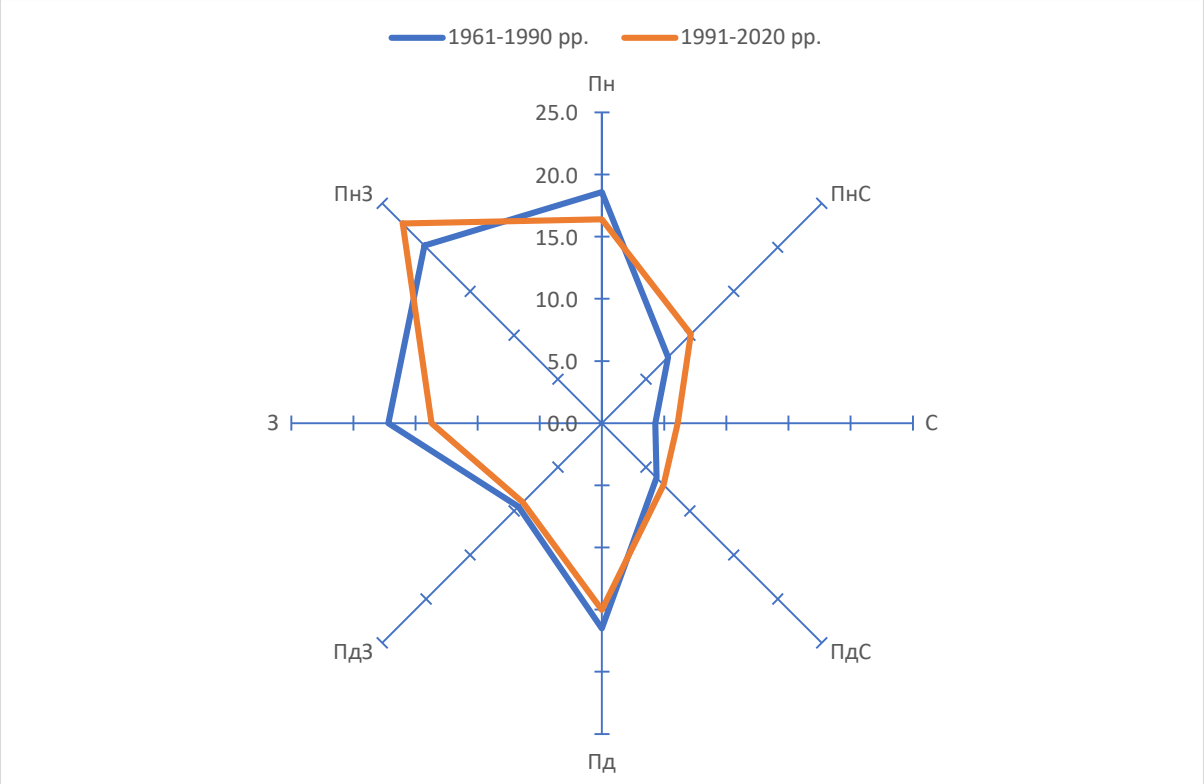


Рисунок 4.7 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (липень)

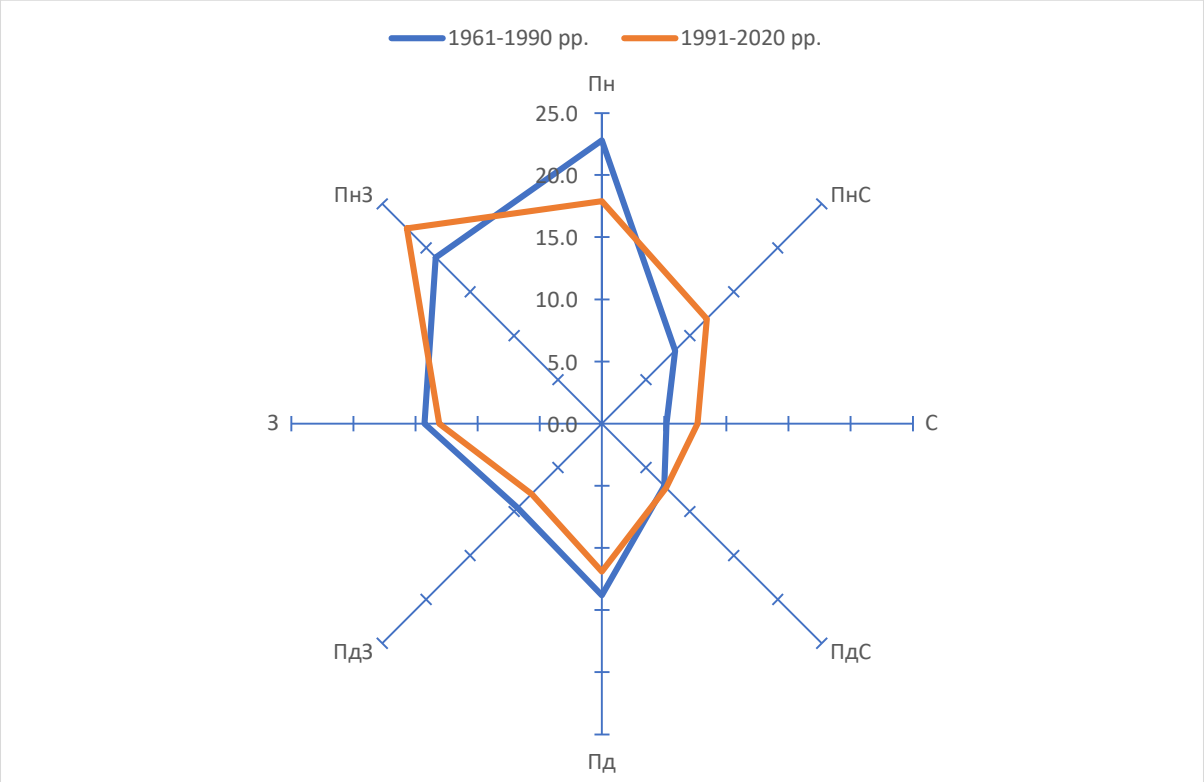


Рисунок 4.8 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (серпень)

У вересні в період І кліматичної норми на станції Одеса-обсерваторія найбільшу повторюваність (17.7 %) мають два напрямки вітру: північний та західний, що дозволяє вибрати ці напрямки в якості пануючих. Також високу повторюваність має північно-західний напрямок – 16.4 %. Повторюваність інших напрямків не перевищую 13.0 % (південний напрямок). Мінімальна повторюваність залишається за східним напрямком – 7.1 % (рис. 4.9).

У період ІІ кліматичної норми картина зовсім змінюється: в якості пануючого напрямку вітру виступає північно-західний напрямок вітру з повторюваністю 20.7 %. Найменша повторюваність припадає в цьому місяці на південно-східний напрямок (7.6 %). Повторюваність інших напрямків коливається в межах від 9.2 (східний напрямок) до 16.1 % (західний напрямок). Таким чином в вересні на станції Одеса-обсерваторія фіксується зміна пануючого напрямку вітру з північного та західного, які мають однакову повторюваність в період І кліматичної норми на північно-західне (період ІІ кліматичної норми).

В жовтні в період 1961-1990рр. пануючим напрямком вітру є північний напрямок (18.4 %). Найменшу повторюваність має південно-східний напрямок вітру (7.1 %). Повторюваність інших напрямків коливається від 10.0 % (східний напрямок) до 15.6 % (західний напрямок).

В період 1991-2020 рр. поле вітру зазнає змін (рис. 4.10). Пануючим в цей період на станції стає північно-західний напрямок вітру, його повторюваність досягає 17.5 %. Найменшу повторюваність має південно-східний напрямок (6.8 %). Повторюваність інших напрямків коливається від 10.6 % до 14.1 % (північний, західний напрямки). Таким чином в жовтні, як і у вересні на станції Одеса-обсерваторія фіксується зміна пануючого напрямку вітру з північного в період І кліматичної норми (1961-1990рр.) на північно-західне в період ІІ кліматичної норми (1991-2020рр.).

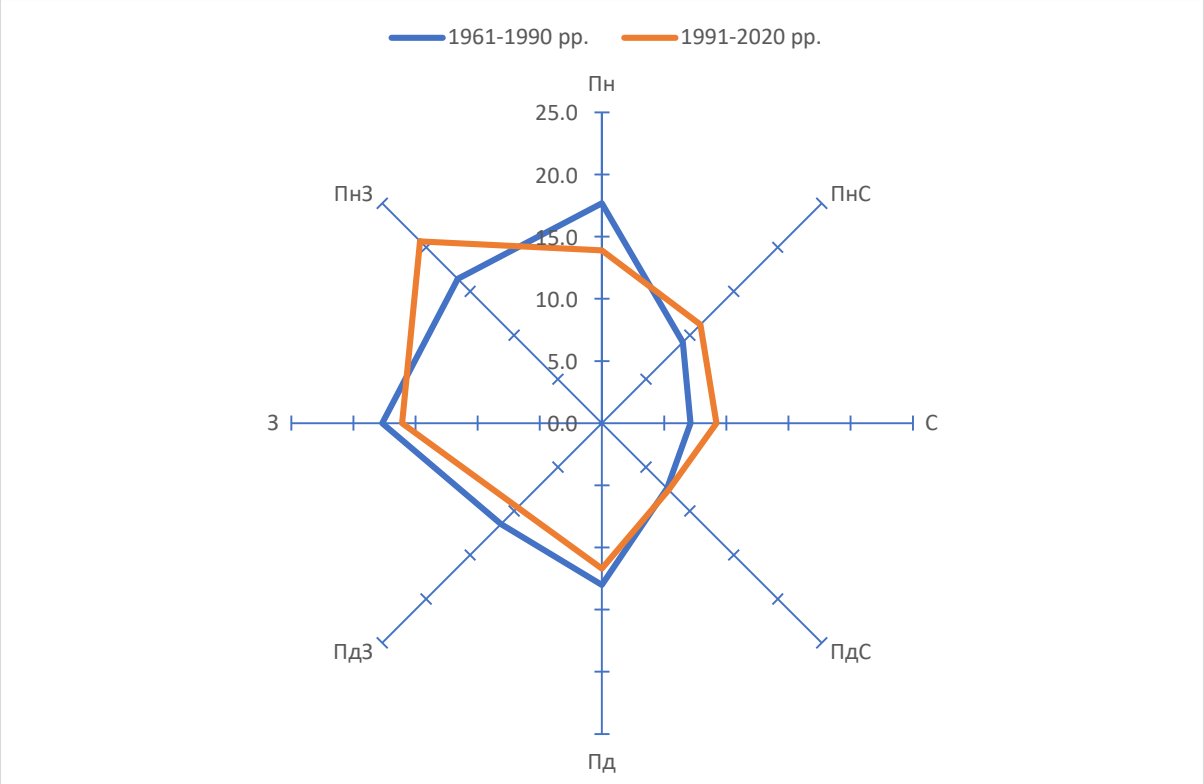


Рисунок 4.9 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (вересень)

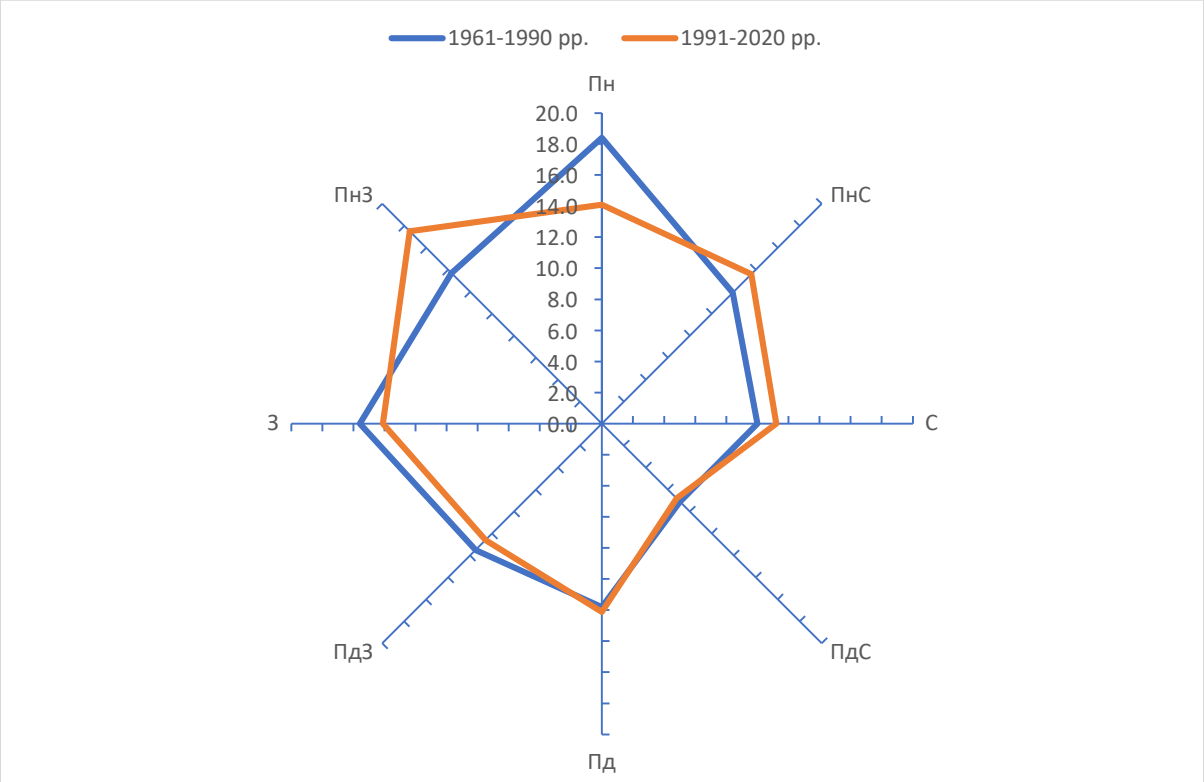


Рисунок 4.10 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (жовтень)

У листопаді, в період I кліматичної норми пануючим стає західний напрямок вітру, його повторюваність сягає 17.7 %. Також досить високу повторюваність (16.1 %) в цей період має північний напрямок вітру (рис. 4.11). Повторюваність інших напрямків не перевищую 13.2 % (північно-західний напрямок), найменшу повторюваність має південно-східний напрямок – 5.5 % (рис. 4.12).

В період II кліматичної норми пануючий напрямок на станції в листопаді зберігається, хоча повторюваність його дещо знижується (західний напрямок, 14.8 %). Досить високу повторюваність має сусідній північно-західний напрямок – 14.3 %. Повторюваність інших напрямків досягає 13.5 % (північний, східний), найрідше зустрічається південно-східний напрямок – 7.8 %. Отже, в листопаді зміни пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається вітер західного напрямку.

В останній місяць року характер розподілу напрямку вітру не змінюється. Пануючим в період першої кліматичної норми лишається західний напрямок вітру, повторюваність якого досягає 19.7 %, слід зазначити, що повторюваність північного напрямку вітру також досить висока – 18.3 %. Усі інші напрямки мають значно меншу повторюваність.

В період другої кліматичної норми пануючий напрямок не змінюється – західний (19.3 %), повторюваність північного напрямку зменшується до 17.2 %, повторюваність інших напрямків коливається від 3.6 (південно-східний) до 16.7 % (північно-західний напрям). Отже, в грудні, так само, як і в листопаді, зміни пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія не відбувається, протягом усього періоду спостережень пануючим залишається вітер західного напрямку.

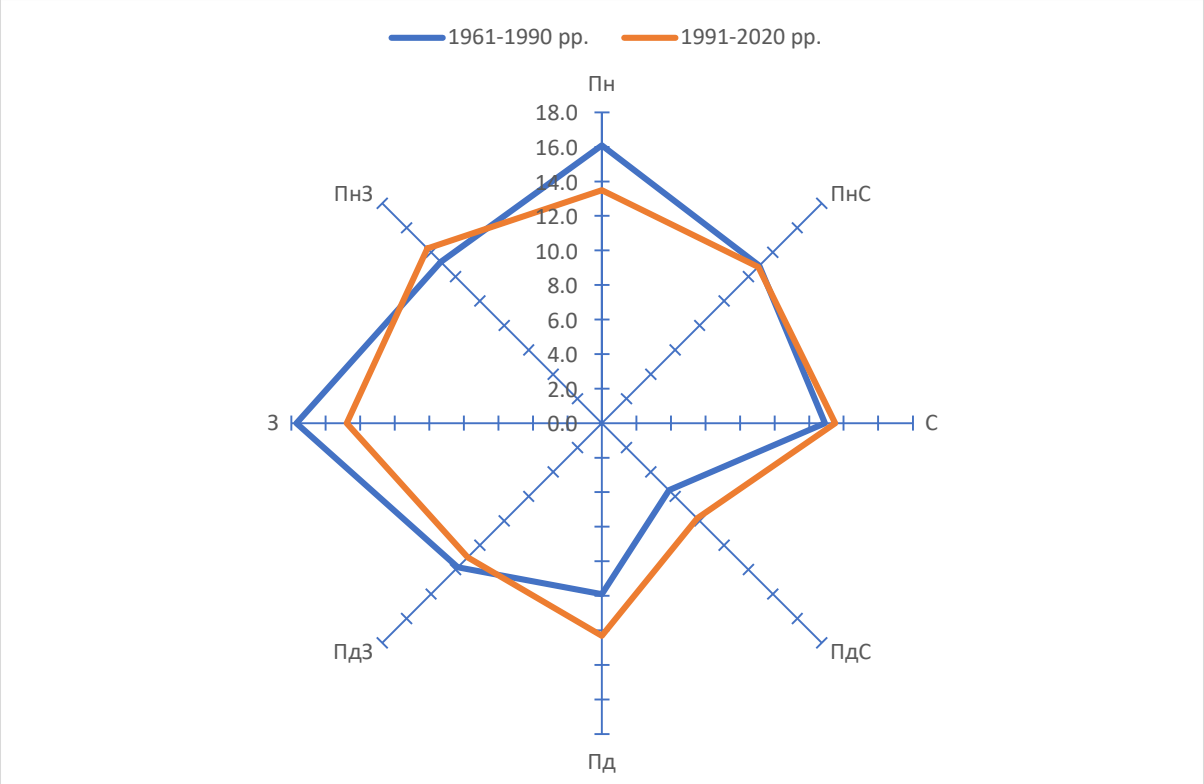


Рисунок 4.11 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (листопад)

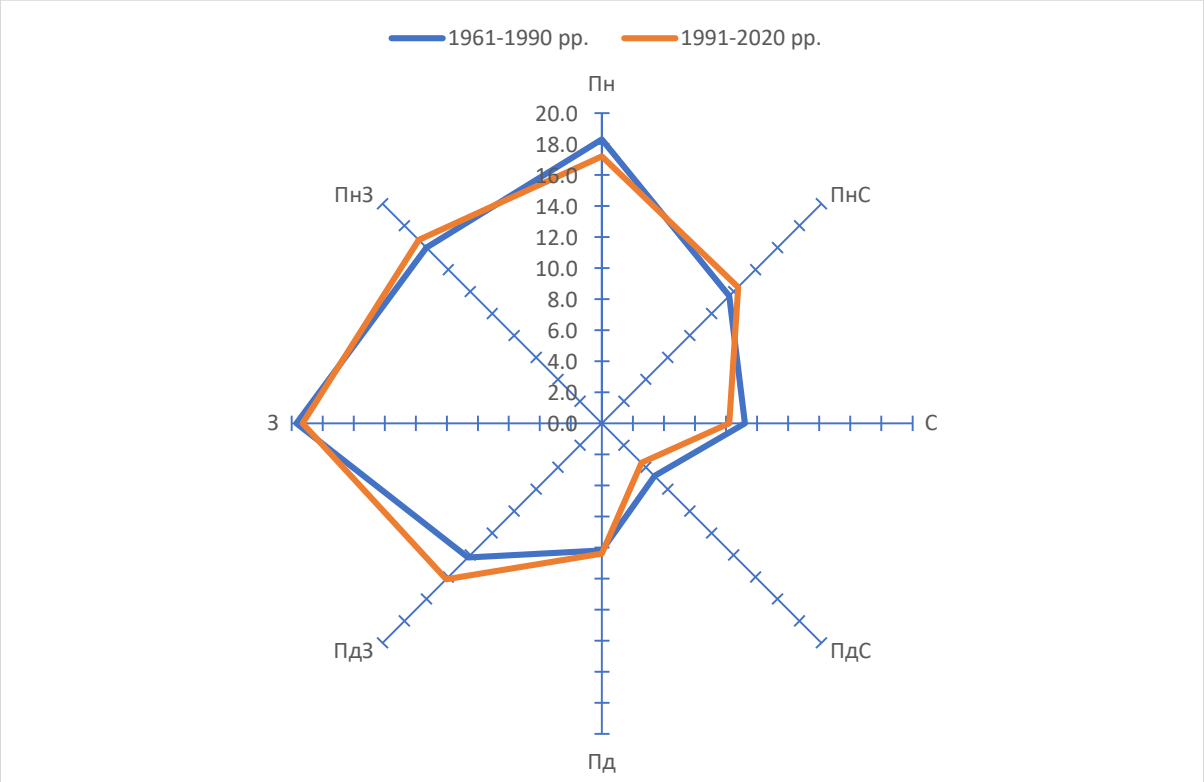


Рисунок 4.12 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (грудень)

Проаналізуємо середньорічний розподіл повторюваності напрямку вітру за румбами в період I та II кліматичних норм, та його динаміку (рис. 4.13).

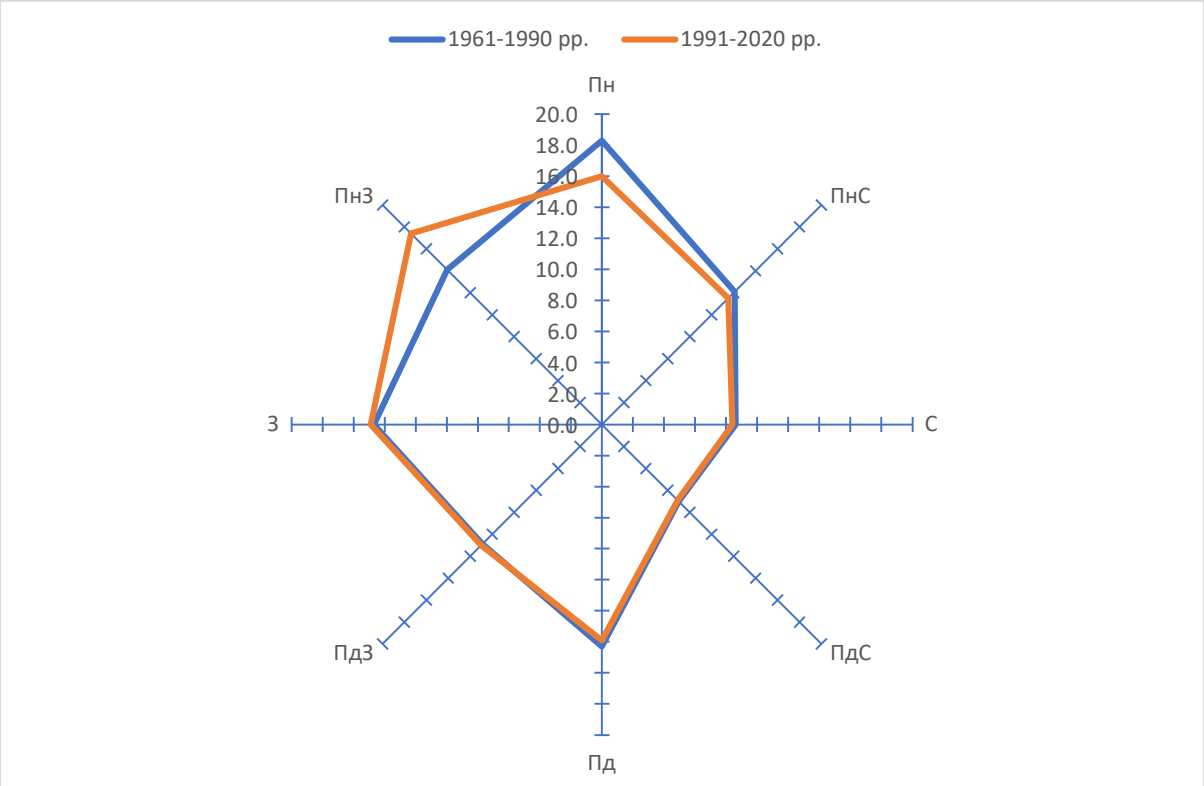


Рисунок 4.13 – Роза вітрів на станції Одеса-обсерваторія (рік)

Як бачимо, в період першої кліматичної норми протягом року на станції Одеса-обсерваторія з ймовірністю 18.3 % пануючим виступає північний напрямок вітру. Досить високу повторюваність мають західний (14.7 %) та північно-західний (14.1 %) напрямки вітру. В період другої кліматичної норми пануючий напрямок змінюється на північно-західний з повторюваністю 17.4 %. Також велику повторюваність в цей період протягом року мають вітри північної (16.0 %), та західної (14.9 %) складової.

Проаналізуємо повторюваність штилів на станції Одеса-обсерваторія протягом періоду першої та другої кліматичних норм (1961-1990 рр. та

1991-2020 рр.) для усіх місяців року та середньорічних значень (табл. 4.1, рис. 4.14).

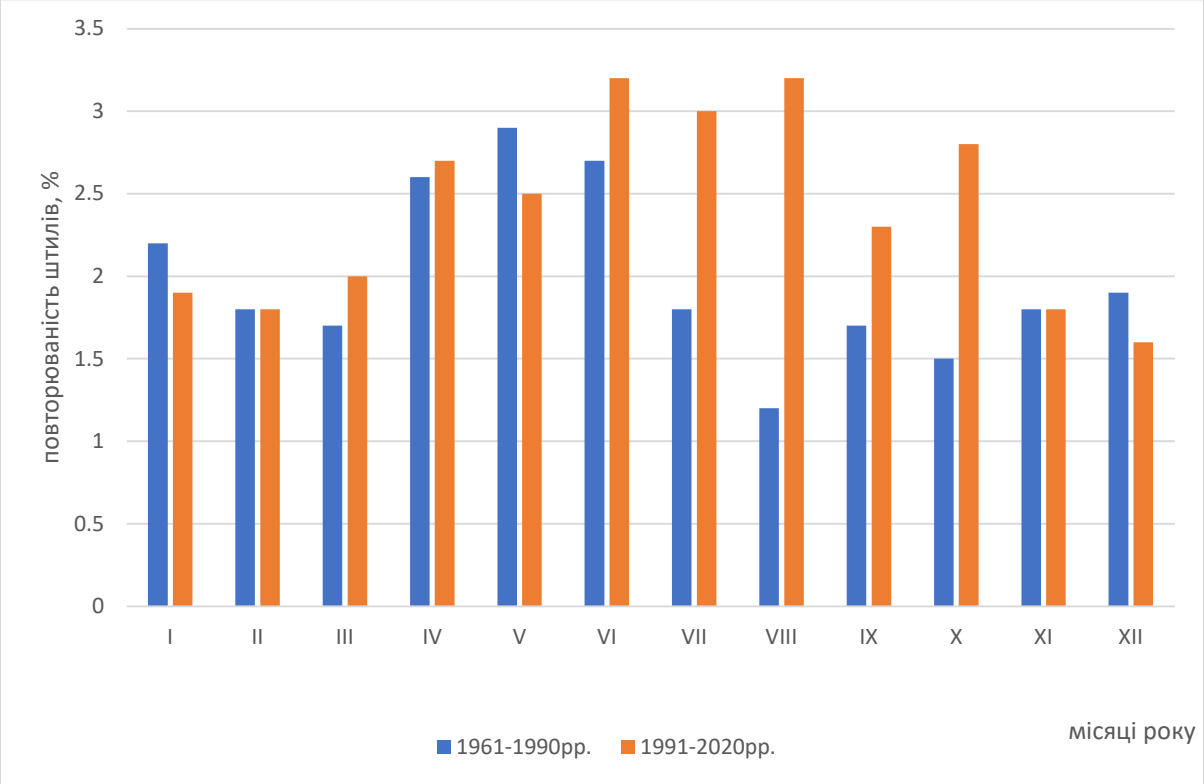


Рисунок 4.14 – Повторюваність штилів на станції Одеса-обсерваторія

Як бачимо, в період першої кліматичної норми повторюваність штилів на станції Одеса-обсерваторія коливається в межах від 1.2 % (серпень) до 2.9 %(травень). Найбільша повторюваність штилів весняно-літній період. Мінімум – на осінній.

В період другої кліматичної норми діапазон повторюваності штилів зазнає змін, його межі коливаються від 1.6 % (грудень) до 3.2 % (червень та серпень). Найменша повторюваність штилів в цей період фіксується в зимовий час, найбільша – в літній.

Щодо динаміки повторюваності штилів на станції Одеса-обсерваторія від періоду першої кліматичної норми до другої, то зберігається загальна тенденція до зменшення швидкості вітру, виявлена раніше. Для більшості

місяців року на станції Одеса-обсерваторія фіксується зростання повторюваності штилів в період другої кліматичної норми (1991-2020 рр.) на величину до 2.0 % (серпень). Зменшення повторюваності штилів фіксується в січні (-0.3 %), травні (-0.4 %) та грудні (-0.3 %). В лютому та вересні відсоток повторюваності штилів на станції від першої до другої кліматичної норми не змінився.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження багаторічної динаміки вітрового режиму тропосфери в районі м. Одеса дозволило виділити ряд особливостей:

- аналіз статистичних параметрів дозволяє встанови факт зменшення середньомісячної та середньорічної приземної швидкості вітру на досліджуваній станції за останні 60 років. Це зменшення фіксується протягом усіх місяців року, досягаючи максимальних значень в холодний період року;
- окрім загального зниження швидкості вітру на станції змінився її внутрішньорічний розподіл: максимальні швидкості вітру в період першої кліматичної норми фіксувались в січні-лютому, а мінімальні – в червні-липні, в період другої кліматичної норми максимальні швидкості фіксуються в листопаді-грудні, а мінімальні – в липні-серпні.;
- середньоквадратичний відхил має чітко виражений річний хід, пов’язаний з характером загальної циркуляції атмосфери: найбільші значення відхилу фіксуються в зимовий період, а найменші – влітку ;
- за останні досліджуваний період фіксується тотальне зменшення середньоквадратичних відхилів протягом усіх місяців року. Найбільше зменшення припадає на зимовий період – січень-лютий. Трохи менша величина зниження середньоквадратичних відхилів на станції Одеса-обсерваторія спостерігається влітку – червень-липень, найменше зниження фіксується в перехідні сезони – квітень, жовтень.
- коефіцієнт варіації на станції Одеса-обсерваторія за розглянуті періоди має щітко виражений річний хід з мінімумом в літні та максимумом в зимні місяці. За період двох останніх кліматичних норм коефіцієнт варіації середньомісячних значень приземної швидкості вітру зазнав суттєвих змін, а саме зменшився протягом більшості місяців року;

- проведене дослідження приземної швидкості вітру на станції Одеса-обсерваторія за період з 1961 по 2020 рр. дозволяє стверджувати про перебудову поля вітру, а саме зменшення швидкості вітру за досліджуваний період протягом усіх місяців року на величину від 1 до 1.5 м/с.

- аналіз динаміки швидкості вітру за різні строки за 60-річний період (1961-2020рр.) дозволив встановити чітку тенденцію до зменшення швидкості вітру протягом усіх термінів для усіх місяців року на величину від 1.0 до 1.3 м/с.

- аналіз багаторічної динаміки числа днів з вітром 10 м/с та більше на станції Одеса-обсерваторія свідчить про зменшення кількості днів з вітром зазначеної швидкості за досліджуваний період протягом більшості місяців року, окрім березня, для якого характерний ріст на величину 1.1 дня в період другої кліматичної норми (1991-2020рр.). У всі інші місяці року число днів зменшується, величина зменшення коливається від 0.1 дня (лютий) до 3.1 дня (січень). Число днів з вітром 10 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія за рік від першого кліматичного періоду до другого зменшилось більш ніж на 10 днів;

- тенденція щодо зменшення протягом періоду останньої кліматичної норми зберігається для числа днів з вітром 15 м/с і більше. Зменшення числа з днів з вітром відбувається протягом усіх місяців року, досягаючи максимальних значень в зимовий період – з грудня по лютий. За період другої кліматичної норми річна кількість числа днів з вітром 15 м/с і більше на станції Одеса-обсерваторія зменшилась до 21.8 дня, що на 14.1 дня менше ніж в період першої кліматичної норми.

- у період другої кліматичної норми вітер швидкістю 25 м/с і більше зустрічається значно рідше, а швидкістю 40 м/с і більше не фіксується жодного разу, що також підтверджує гіпотезу про зменшення як швидкості вітру так і числа

днів з вітром протягом досліджуваного періоду на станції Одеса-обсерваторія;

- аналіз динаміки максимальної швидкості вітру різної ймовірності показав, що швидкість зимових вітрів 1% забезпеченості на станції Одеса-обсерваторія стала значно менша, а літніх – навпаки, дещо зросла;
- така сама тенденція зберігається і для вітрів 5% забезпеченості;
- щорічна максимальна швидкість вітру протягом досліджуваного періоду зменшилась у січні (3 м/с), березні (1 м/с), листопаді (3 м/с) та грудні (1 м/с). У всі інші місяці року щорічна максимальна швидкість вітру на станції Одеса-обсерваторія зросла на величину від 1 (лютий, квітень, травень, вересень) до 3 м/с (червень, липень, жовтень);
- аналіз динаміки пануючого напрямку вітру на станції Одеса-обсерваторія дозволив встановити факт порушення стабільності вітрового режиму та зміну пануючого напрямку вітру протягом періоду другої кліматичної норми.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Географічна енциклопедія України Одеська область. URL: https://www.bing.com/search?pc=OA1&q=%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D1%96%D1%8F%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8%20%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C (дата звернення 12.10.2024)

2 Одеська область. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C (дата звернення 11.10.2024)

3 Паспорт Одеської області. URL: https://oda.od.gov.ua/odeshhyna/pro-odeshhynu/pasport-oblasti/ (дата звернення 21.10.2024)

4 Географічна енциклопедія України. URL: https://www.esu.com.ua/pdf/file/29102.pdf (дата звернення 24.10.2024)

5 Карта Одеської області. URL: https://freemap.com.ua/odesskaya-oblast/ (дата звернення 25.10.2024)

6 Клімат України / ЗА ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Вид -во Раєвського, 2003. 343 с.

7 Одеська область. Географічний атлас. Київ: Мапа, 2006. С. 4-7.

8 Одеська область. URL:https://geomap.com.ua/uk-gr/505.html (дата звернення 28.10.2024)

9 Кліматичні умови Одеської області. URL:https://allref.com.ua/uk/skachaty/Klimatichni_umovi_Odes-koyi_oblasti (дата звернення 30.10.2024)

10 Кліматичні ресурси Одеської області для сталого розвитку. Науково-практичний довідник. Державна гідрометеорологічна служба України. Одеса, 2010. С. 52-66.

11 Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.

12 Кліматичні дані міст по всьому світу. URL: www.climate-data.org (дата звернення 05.11.2024)

13 Стандартні кліматичні норми (1961-1990 рр.). К.: 2002. 446 с.

14 Стандартні кліматичні норми (1991-2020 рр.). Надані ГМЦ ЧАМ. (З наказу НС-36/99 від 20.04.21 р.).

15 Гончарова Л.Д., Школьний Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2006. 458 с.

16 Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/460 (дата звернення 07.11.2024)

17 Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М. Динаміка окремих показників атмосферних опадів Півдня України у період 1961-2020 роки: монографія. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2024. 212 с.

18 Прокоф'єв О.М., Гончарова Л.Д. Статистичний підхід до вирішення задач клімато-географічних особливостей розподілу опадів літнього сезону на території України // Екологічні науки, 2022. № 1 (40). С. 134-139.