

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: Умови утворення туманів на півдні України

Виконав студент 2 курсу групи МЗМ-22
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма
«Метеорологія і кліматологія»
Чаленко Владислав Васильович

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Недострелова Лариса Василівна

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Барсукова Олена Анатоліївна

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут

Кафедра Метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 “Науки про Землю”

(шифр і назва)

Освітня програма Метеорологія і кліматологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

“ 23 жовтня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Студенту Чаленку Владиславу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Умови утворення туманів на півдні України

Керівник роботи Недострелова Лариса Василівна, канд. геогр. наук, доцент

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

затверджені наказом ОДЕКУ від “16” жовтня 2023 року № 215-С

2. Строк подання студентом роботи 29 листопада 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи дані щоденних метеорологічних спостережень за атмосферними явищами на метеорологічних станціях півдня України: Одеса, Миколаїв, Херсон за період 2011-2020 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) визначити кількість випадків туманоутворень на півдні України на досліджуваних станціях, зробити аналіз метеорологічних умов формування туманів: температурного, вологісного, вітрового режимів, режиму видимості за десятирічний період, а також зробити порівнювальний аналіз отриманих метеорологічних величин в регіоні за період дослідження

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) побудувати гістограми розподілу температури і відносної вологості повітря, метеорологічної дальності видимості, вітрових характеристик: для швидкості вітру – гістограми розподілу, для напрямку вітру – рози вітрів для досліджуваних станцій окремо, а також загальні гістограми для порівнювального аналізу метеорологічних умов утворення туманів за період 2011-2020 рр.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи.	23.10.2023 р. – 25.10.2023 р.	80	добре
2	Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи магістра.	26.10.2023 р. – 31.10.2023 р.	80	добре
3	Обробка даних метеорологічних спостережень за допомогою графічно-розрахункового пакету «EXCEL»	01.11.2023 р. – 09.11.2023 р.	80	добре
4	Отримання та аналіз ходу температури повітря при туманах у пунктах дослідження	10.11.2023 р. – 12.11.2023 р.	80	добре
	Рубіжна атестація	13.11.2023 р. – 17.11.2023 р.	80	добре
5	Отримання та аналіз ходу відносної вологості повітря при туманах у пунктах дослідження	18.11.2023 р. – 20.11.2023 р.	90	відмінно
6	Отримання та аналіз зміни дальності видимості при туманах у пунктах дослідження	21.11.2023 р. – 23.11.2023 р.	90	відмінно
7	Отримання та аналіз вітрового режиму (швидкості і напрямку вітру) при туманах у пунктах дослідження	24.11.2023 р. – 25.11.2023 р.	90	відмінно
8	Побудова гістограм розподілу метеорологічних величин для порівнювального аналізу.	26.11.2023 р. – 28.11.2023 р.	90	відмінно
9	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату	29.11.2023 р.	90	відмінно
10	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	30.11.2023 р. – 2.12.2023 р.	-	-
11	Підготовка презентаційного матеріалу	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	86	-

Студент


(підпис)

Чаленко В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Недострелова Л.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Тема: «Умови утворення туманів на півдні України»

Автор: Чаленко В.В.

Актуальність. Тумани відносяться до явищ погоди, що є дуже небезпечними для руху всіх видів транспорту. Сильний туман становить найбільшу небезпеку при проїзді перехресть і, особливо, залізничних переїздів. Через нього водій не бачить дорожні знаки, погано помічає світлові сигналізації. У тумані відбувається в шість разів більше наїздів на перешкоди, ніж за такий же період часу його відсутності. Туман може ускладнити чи зробити неможливими зліт та посадку літаків, ускладнює роботу повітряного та автомобільного транспорту, збільшує небезпеку руху на дорогах. Окрім транспорту, особливу зацікавленість до прогнозу туманів проявляють і будівельники. Для галузі будівництва тумани, особливо сильні, обмежують можливість проведення будівельних і монтажних робіт. І, окрім того, тумани можуть справляти негативний вплив на самопочуття, працездатність і здоров'я населення.

Метою даної роботи є аналіз метеорологічних умов утворення туманів – температурно-вологісного, вітрового режимів, видимості при різних видах туманів на території півдня України за період 2011-2020 рр.

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

- проведено аналіз температурно-вологісного режиму при утворенні туманів;
- визначення зміни видимості в умовах туманів різної інтенсивності;
- виявлення особливостей вітрового режиму при туманоутвореннях.

Об'єкт дослідження – процеси туманоутворення.

Предмет дослідження – метеорологічні умови при утворенні туманів.

Методи дослідження – фізико-статистичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території півдня України: проведено порівнювальний аналіз умов утворення туманів на території трьох станцій півдня України за період 2011-2020 рр.

Практичне значення отриманих результатів. Розуміння особливостей метеорологічних умов утворення туманів в різних областях півдня України може використовуватись для вдосконалення прогнозування туманів і, відповідно, надання необхідної інформації для зацікавлених галузей народного господарства країни.

Магістерська робота в обсязі 51 сторінки складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 17 джерел, містить 23 рисунки.

Ключові слова: туманоутворення, температурно-вологісний режим, видимість при туманах, вітровий режим.

Summary

Theme: "Conditions for the formation of fog in the south of Ukraine"

Author: Chalenko V.V.

Urgency of the issue. Fogs are weather phenomena that are very dangerous for the movement of all types of transport. Heavy fog poses the greatest danger when driving through intersections and, especially, railroad crossings. Because of it, the driver does not see road signs, does not notice light signals. In fog, there are six times more collisions with obstacles than during the same period of time when it is not present. Fog can complicate or make impossible the take-off and landing of airplanes, complicates the operation of air and road transport, increases the danger of traffic on the roads. In addition to transport, construction workers also show a special interest in the fog forecast. For the construction industry, fogs, especially strong ones, limit the possibility of carrying out construction and installation works. And, in addition, fogs can have a negative impact on well-being, work capacity and health of the population.

Aim of this study is an analysis of the meteorological conditions of fog formation - temperature, humidity, wind regimes, visibility with different types of fog in the territory of southern Ukraine for the period 2011-2020.

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

- analysis of the temperature-humidity regime during fog formation was carried out;
- determination of changes in visibility in conditions of fogs of different intensity;
- detection of features of the wind regime during fog formation.

Object of scientific research processes of fog formation.

Subject of scientific research meteorological conditions during the formation of fogs.

Methods of scientific research physic-statistical analysis.

Scientific novelty of results obtained.

In this work for the first time for the territory of southern Ukraine: a comparative analysis of fog formation conditions on the territory of three stations in southern Ukraine for the period 2011-2020 was carried out.

Practical importance of results obtained. Understanding the peculiarities of the meteorological conditions of fog formation in different regions of southern Ukraine can be used to improve fog forecasting and, accordingly, provide the necessary information for interested sectors of the country's national economy.

The master thesis of 51 pages consists of 4 chapters, conclusions, bibliography of 17 sources, contains 23 drawings.

Keywords: fog formation, temperature and humidity regime, visibility in fog, wind regime.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИДИМІСТЬ.....	9
2 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУМАНІВ.....	13
2.1 Тумани змішування.....	13
2.2 Тумани випаровування.....	14
2.3 Тумани охолодження	15
3 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ І КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
4 АНАЛІЗ РЕЖИМУ ТУМАНІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ.....	29
4.1 Розподіл температури при туманах.....	29
4.2 Коливання відносної вологості при туманоутвореннях.....	33
4.3 Аналіз видимості при туманах на півдні України.....	37
4.4 Вітровий режим.....	41
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	51

ВСТУП

Останніми роками у великих містах все частіше утворюються тумани, що можуть годинами, а то і тижнями спостерігатися в повітрі. Тумани в населених пунктах фіксуються частіше, ніж поза ними. Це пов'язано з підвищеним вмістом гігроскопічних ядер конденсації (пилу, кіптяви тощо) в міському повітрі, особливо у місцях з інтенсивною промисловістю. Локально якість повітря під час туману може знижуватися. Забруднюючі речовини вступають у хімічні реакції з молекулами води, що зависають у повітрі. Продукти таких процесів взаємодії є небезпечними для здоров'я, особливо для дітей, людей похилого віку та хворих на респіраторні захворювання. Окрім цього медики стверджують, що в краплях туману можуть міститися алергени, а також спори цвілевих грибів, вдихати які дуже небезпечно.

Тумани відносяться до явищ погоди, що є дуже небезпечними для руху всіх видів транспорту. Сильний туман становить найбільшу небезпеку при проїзді перехрест'я і, особливо, залізничних переїздів. Через нього водій не бачить дорожні знаки, погано помічає світлові сигналізації. У тумані відбувається в шість разів більше наїздів на перешкоди, ніж за такий же період часу його відсутності. Окрім зниження видимості, туман здатний піднести автомобілістам низку труднощів: при низькій видимості важко визначити реальну відстань до об'єкта. Іноді буває неможливо зрозуміти, їде або стоїть зустрічна машина, так як це просто біла пляма до певного моменту. В тумані спотворюються кольори. Цьому схильний весь спектр, окрім червоного діапазону. У сильному тумані жовтий колір здається червоним, а зелений – жовтіє. Спостереження за дорогою під час туману має бути посилене. Туман може ускладнити чи зробити неможливими зліт та посадку літаків, ускладнює роботу повітряного та автомобільного транспорту, збільшує небезпеку руху на дорогах. Окрім

транспорту, особливо зацікавленість до прогнозу туманів проявляють і будівельники. Для галузі будівництва тумани, особливо сильні, обмежують можливість проведення будівельних і монтажних робіт. І, як уже говорилося вище, тумани можуть справляти негативний вплив на самопочуття, працездатність і здоров'я населення.

Туман – це природне явище, що виникає як результат конденсації водяної пари, скупчення продуктів конденсації у повітрі над земною поверхнею в приземному шарі атмосфери і погіршує дальність видимості до 1 км і менше. Зазвичай, безперервна тривалість туманів може спостерігатися від кількох годин (іноді півгодини-годину) до декількох діб. Поява туману найбільш ймовірна восени, взимку і на початку весни. Аналіз просторового розподілу туманів, їх сезонна мінливість, особливості температурно-вологісного і вітрового режимів при туманоутвореннях є актуальним питанням сьогодення і таким буде залишатися завжди, бо тісно пов'язаний з безпекою людей.

Метою магістерської роботи є аналіз метеорологічних умов утворення туманів – температурно-вологісного, вітрового режимів, видимості при різних видах туманів на території півдня України за період 2011-2020 рр. В якості вхідної інформації при дослідженні процесів туманоутворення використовуються дані щоденних метеорологічних спостережень за атмосферними явищами на станціях півдня України – Одеса, Миколаїв, Херсон.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИДИМІСТЬ

Метеорологічна дальність видимості – це одна з характеристик прозорості атмосфери. Від реальної дальності видимості предметів, яка є залежною від кольору об'єктів, їх освітленості, розмірів, відстані від них, а також фону, на який об'єкти, проєктуються.

Метеорологічна дальність видимості – це найбільша відстань, на якій можна бачити у світлу частину доби поблизу горизонту на фоні неба або на фоні повітряного серпанку абсолютно чорний об'єкт певних кутових розмірів, в темну частину доби можна бачити джерело світла [1].

Видимість – це зорове сприйняття об'єктів, що обумовлюється наявністю контрасту кольору та яскравості між фоном й предметами. Часто використовують поняття дальності видимості, хоча існує ступінь видимості. Загалом, можемо говорити, що видимість – максимальна відстань, від якої розпізнаються чи видно освітлені об'єкти вдень та світлові орієнтири вночі. Максимум видимості теоретично складає 350 км, а мінімум може не становити і декількох метрів [2-4]. Вона залежить від прозорості атмосфери, яскравості й кольору фону і предмету, освітленості, форми та розмірів предмету. Наприклад, об'єкти, що мають чітко окреслені межі (будинки тощо) видно краще, ніж ті, що мають розпливчаті границі (наприклад, ліс). Залежить видимість і від освітленості. В певних умовах предмети можуть бути невиразними. Щоб об'єкт було видно гарно, освітленість і його і фону повинна бути не менше визначеної величини. А також між об'єктом і фоном необхідний контраст яскравості. Найчастіше розглянуті фактори проявляються в комплексі, що ускладнює характеристику видимості в кожному випадку. Від значень видимості будуть залежати і одиниці її вимірювання – метри, кілометри чи умовні бали.

Показники видимості важливі для багатьох галузей економіки країни. Від неї залежить робота усіх видів транспорту: наземного, водного, повітряного; її значення впливають і на роботу комунально-побутових служб, будівництва тощо. На багато галузей значення видимості впливають опосередковано, тому що при наявності будь-якого стихійного чи небезпечного явища вона погіршується.

Дальність видимості є інтегральною характеристикою мікроструктури туману. Вона залежить від інтенсивності розсіяння світла Сонця аерозольними частками, з яких складаються тумани. Інтенсивність розсіяння насамперед залежить від концентрації кристалів чи крапель, а також від їхніх розмірів. Можемо говорити, що туман характеризується водністю, розподілом аерозольних часток за розмірами і їх концентрацією [2].

Видимість тісно пов'язана з метеорологічними величинами. Вона залежить від температури повітря, точки роси і її дефіциту, масової частки водяної пари. Чим більша точка роси ввечері і суттєве її зменшення вночі при охолодженні приземного шару повітря, тим буде меншою дальність видимості в тумані при рівних інших умовах. В приземному шарі атмосфери при низькій хмарності видимість залежить від швидкості вітру, вологості повітря і перерозподілу температури повітря в підхмарному шарі, стратифікації атмосфери. Видимість тісно пов'язана і з висотою хмар. Вона залежить від характеру стійкості повітряної маси, від висоти і потужності шару інверсії чи ізотермії. Видимість в туманах і серпанках коливається в певних межах і буде залежати від розмірів і кількості зважених часток в одиниці об'єму, тобто від водності. Якщо водність однакова, то видимість зменшується за умови, що краплі мають дрібний розмір.

Залежність видимості від метеорологічних умов різниться у відповідності до типу туману. Наприклад, в радіаційному тумані вплив здійснює мінімальна температура повітря, тобто її нічне пониження. Після соду Сонця в радіаційному тумані видимість стає кращою, бо прогрівання повітря і збільшення швидкості вітру біля земної поверхні сприяє розсіюванню туману після втрати його

стійкості. В адвективному тумані видимість більшою мірою буде залежати від процесів насичення і пересичення більш теплого і вологого повітря, що переміщується до певного пункту.

У фронтальних і адвективних туманах водність збільшується з висотою і максимум спостерігається біля їх верхньої межі. В радіаційному тумані найгірша видимість фіксується в нижньому шарі атмосфери. Тумани охолодження характеризуються мінімумом видимості через 2-3 години після сходу Сонця [3, 4].

Прогнозування видимості залежить від синоптичних умов, які, в свою чергу, залежать від метеорологічних явищ. До зменшення прозорості атмосфери, а відповідно, і погіршення видимості призводять процеси, що мають назву сухі або вологі. Вологі процеси пов'язані із зростанням відносної вологості в приземному шарі атмосфери при її стійкій стратифікації. Тобто, можемо говорити, що при збільшенні вологості повітря і посиленні стійкої стратифікації атмосфери видимість буде зменшуватися. Доведено, що при додатних температурах і вологості близько 70 відсотків видимість становить 7 км, при 80 відсотках – біля 3 км, при 90 відсотках – біля 2 км. Якщо температури від'ємні, то видимість буде ще додатково знижуватися.

Висота хмар також впливає на показники видимості. У денний час доби при висоті хмар біля 100 м у 80 відсотках випадків біля землі видимість не більша, ніж 4 км. При низькій хмарності видимість погіршується до 2000 м і менше при малих швидкостях вітру на рівнинній території. На схилах з навітряного боку погіршення видимості може відбуватися і при значних швидкостях вітру. На рівнинах при збільшеннях швидкості вітру також можемо спостерігати зменшення видимості при умові, що відбувається перенос повітря з низьким дефіцитом точки роси і при цьому точка роси має великі значення.

Видимість на висотах і близько земної поверхні залежить від характеру повітряної маси. Якщо стратифікація стійка, то видимість на висотах краща, ніж

біля землі і пов'язано це із слабким турбулентним обміном. Якщо мова йде про нестійку стратифікацію, то видимість біля землі краща, ніж на певних висотах, бо турбулентне перемішування досить потужне.

У відповідності до механізму перенесення вологості можна відзначити, що послаблення видимості найчастіше фіксується при слабкому вітрі в, відповідно, слабкій турбулентності, при менших за вологоадіабатичні градієнти температури у підхмарному шарі, а також за умови існування інверсії або ізотермії зі збільшенням масової частки водяної пари у надхмарному повітрі.

Необхідно відмітити, що погіршення видимості відбувається не тільки при туманах і серпанках, а й при таких метеорологічних явищах як хуртовини, пилові бурі, імла. При опадах видимість також може зменшуватися і тут вона залежить від їхньої інтенсивності [3, 4].

2 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУМАНІВ

Конденсація водяної пари може відбутися безпосередньо біля земної поверхні (наприклад, в приземному шарі атмосфери). В такому випадку продукти конденсації чи сублімації водяної пари можуть формувати туман або серпанок [2]. Туман – це сукупність крапель води чи кристалів льоду, що завислі у повітрі і зменшують горизонтальну дальність видимості до 1 км і менше. Якщо видимість коливається в межах від 1 до 10 км, то сукупність завислих кристалів льоду або крапель води зветься серпанок. В туманах вода може бути в двох станах (рідкому і змішаному), при низьких від’ємних температурах – у трьох фазових станах, тобто у рідкому, змішаному й твердому.

Вміст вологи в повітрі може зростати під впливом вертикального і горизонтального переміщення повітряних мас, випаровування води з підстилаючої поверхні. Зменшення температури повітря відбувається в результаті турбулентного і молекулярного обміну теплом з навколишніми масами повітря і земною поверхнею, адіабатичного розширення об’єму повітря при його висхідному русі, радіаційного вихолодження. Наряду з переліченими процесами і фіксованій точці простору на зміну вмісту вологи і температури повітря впливають горизонтальний рух, тобто адвекція повітря, і вертикальні рухи. У відповідності цих процесів тумани поділяють на тумани змішування, тумани випаровування і тумани охолодження [2].

2.1 Тумани змішування

Такі тумани формуються за умови надходження холодного повітря до теплої підстильної поверхні. Повітря змішується з відносно теплим шаром повітря, що знаходиться над вологою та теплою поверхнею. Такий процес

відбувається досить інтенсивно і туман утворюється за декілька хвилин після адвекції холодного повітря. Ці тумани дуже часто формуються в холодну половину року над акваторією Чорного моря при змішуванні з арктичним морським повітрям.

Тумани змішування утворюються при наступних умовах: різниця температури двох повітряних мас дорівнює або більше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$; вологість мас є близькою до стану насичення, абсолютні значення температури обох повітряних мас досить великі [5].

Методика утворення туману змішування була представлена Матвєєвим Л. Т. При змішуванні двох повітряних мас з різними характеристиками виникає інша повітряна маса, що має середні показники метеорологічних величин. В реальних умовах процес конденсації водяної пари відбувається практично одразу при досягненні стану насичення. Дослідження показують, що конденсації водяної пари і збільшенню водності туману сприяють такі процеси: зростання точки роси в обох повітряних масах при фіксованих температурах цих мас, зниження температури холодного повітря при фіксованих температурі теплого повітря і точках роси обох повітряних мас, пониження температури теплого повітря при фіксованих температурі холодного повітря і точках роси обох повітряних мас [2].

2.2 Тумани випаровування

Тумани випаровування утворюються в результаті притоку водяної пари в повітря за рахунок процесів випаровування води з більш теплої підстилаючої поверхні у досить холодне повітря. Найчастіше вони виникають над морями Арктики, коли температура відкритої води перевищує температуру снігу чи льоду. Тобто повітря, що рухається над материком або льодом, при переході до водної поверхні стає набагато холоднішим від води. За умови інтенсивного випаровування з водної поверхні над її відкритими ділянками виникає туман.

Швидкість випаровування буде пропорційною різниці ($E_0 - e$). Для того, щоб почалось випаровування, потрібно, щоб виконалася умова $E_0 > e$. Якщо температура поверхні вища за температуру повітря, то $E_0 > E$, відповідно випаровування триватиме після насичення водяної пари, коли $e = E < E_0$ (E – тиск насичення при температурі повітря) [5].

Холодне повітря нагрівається знизу від теплої підстильної поверхні і стає нестійким в своїй нижній частині, що сприяє виникненню інтенсивного турбулентного перемішування, а відповідно, обміну теплом і вологою. Вище такого шару з нестійким повітрям залишається інверсія, що сформувалася в результаті переміщення повітря над снігом чи льодом. Під впливом інверсії водяна пара залишається у підінверсійному шарі атмосфери і туман заповнює весь шар.

Значну роль в виникненні туману над річками й озерами восени, а також вночі, коли повітря виявляється холоднішим від води при його переміщенні, відіграє випаровування води. В таких умовах головним чинником є радіаційне вихолодження повітря і випаровування стимулює утворення туману. Процес формування туману випаровування дослідили і в лабораторних умовах. Було виявлено, що різниця температур між випаровуючою поверхнею і повітрям, що необхідна для виникнення туману, тим менша, ніж більша відносна вологість повітря. Різниця температур також залежить від швидкості вітру над випаровуючою поверхнею: при збільшенні швидкості вітру зростає і різниця температур. Це пояснюється впливом переміщування, що при великих значеннях швидкості розповсюджується на шар більшої потужності [2].

2.3 Тумани охолодження

До туманів охолодження відносять адвективні, радіаційні і тумани схилів чи сходження.

Адвективні тумани утворюються в теплій повітряній масі, що переміщується на холоднішу підстилаючу поверхню. Це повітря охолоджується в результаті радіаційного і турбулентного обміну теплом з поверхнею. Для утворення такого туману необхідна велика відносна вологість повітря, велика різниця температур поверхні і відносно теплого потоку, незмінність чи зростання з висотою масової частки водяної пари, невелика швидкість вітру, слабкий турбулентний обмін, стійка стратифікація атмосфери. При великих швидкостях вітру формується потужний турбулентний обмін, який в свою чергу заважає виникненню туманів. За малих швидкостей вітру повітря повільно переміщується і відповідно поступово охолоджується. Турбулентний обмін вирівнює з висотою значення масової частки водяної пари. При її збільшенні з висотою у приземному шарі атмосфери і під дією турбулентності зростає вологість повітря біля підстильної поверхні в результаті переносу водяної пари зверху донизу. Стійка стратифікація (особливо при інверсії температури повітря) сприяє затуханню турбулентності. При цьому молекулярний обмін теплом має дуже малі значення. Відповідно, охолодження повітря розповсюджується від поверхні досить повільно і туман формується в тонкому шарі повітря біля неї.

Для адвективних туманів характерними є великі тривалість і повторюваність. Наприклад, в Україні більше половини загальної кількості днів з туманами припадає на такі тумани. 9 % адвективних туманів мали тривалість існування більше 24 годин. Такі тумани найінтенсивніші і займають великий простір. Берегові тумани, які виникають на суходолі в холодний період року при напрямку вітру з моря, є частинними випадками адвективних туманів. В цей період такі тумани часто формуються на узбережжі Чорного моря. Такі тумани, зазвичай, крапельно-рідкі, тобто складаються тільки з рідкої фази. Спостереження за теплими адвективними туманами в Одесі показали, що в середньому протягом року тут формується 50-60 днів з туманами з максимумом у 90 днів. 70 % явищ утворюється з листопада по березень. В теплий період року

зафіксовано менше 10 % загальної річної кількості днів з туманами. В холодний період у місяці буває 5-9 днів, а в деякі роки виявлено до 20 днів з таким явищем. Адвективні тумани досить тривалі. Наприклад, в Одесі їх тривалість становить 5-8 годин і до декількох діб. Річна тривалість коливається в межах 200-600 годин. Дослідження показують, що спектри крапель туманів, як і їх концентрація, дуже мінливі. Водності туманів північно-західного узбережжя Чорного моря характеризуються досить невеликими показниками. Щодо розподілу водності з висотою інформації існує дуже мало. За існуючими даними, водність сильно змінюється з висотою поблизу земної поверхні і верхньої межі туманів. Як правило, верхня границя адвективних туманів співпадає з межею приземної чи піднятої інверсії температури. Дослідження показують, що на розміри крапель тумани впливають швидкість вітру, радіаційний баланс, температура повітря біля підстильної поверхні. На параметр форми чинять вплив температура повітря і її вертикальний градієнт в шарі 2-12 м, швидкість вітру. Зміну концентрації крапель зафіксовано під впливом зміни температури і градієнта швидкості вітру. Потужність адвективних туманів становить декілька сотен метрів [2, 5].

Якщо за синоптичним прогнозом очікується адвекція вологого й теплого повітря до холодної земної поверхні, то формуються умови для виникнення адвективного туману. Такі тумани утворюються незалежно від часу доби, часто зимою чи в перехідні сезони при наявності потужного потепління. Прогноз таких туманів враховує адвективні коливання точки роси і температури повітря в приземному шарі атмосфери, перенос областей туману, що є в наявності на цей час, можливе опускання хмар до земної поверхні, охолодження повітря під час радіаційного зниження температури вночі. Умови утворення таких туманів: незначний дефіцит точки роси біля земної поверхні, швидкість вітру біля землі менше 8 м/с, інакше руйнується приземна інверсія і, відповідно, туман. Для прогнозу туману в приморських зонах необхідно врахувати холодні і теплі

морські течії, їх температуру і температуру повітряних мас, що переміщуються над ними.

Тумани адвективного походження розсіюються за певних умов: закінчення адвекції тепла; після сходу Сонця, коли збільшується температура; радіаційне охолодження туману; при посиленні вітру більше 8 м/с; при опадах; при падінні точки роси в результаті сублімації і конденсації водяної пари на поверхні снігу чи ґрунту. Руйнування такого туману відбувається незалежно від часу доби, часто через 3-5 годин після сходу Сонця; взимку – іноді вночі, а восени – в другій половині дня [3, 4].

Радіаційні тумани виникають в результаті радіаційного охолодження підстильної поверхні і шару повітря біля неї і турбулентного перемішування. Далі розвиток таких туманів може залежати від випромінювання самого туману. Формування такого туману в значній мірі залежить від місцевих умов (наприклад, повітряних місцевих течій, характеру підстильної поверхні тощо). Механізм виникнення радіаційного туману можна поділити на фази: появу серпанку біля землі і формування приземної інверсії; утворення тонкого по вертикалі шару туману, коли дальність видимості по горизонталі зменшується до 100-200 м; формування більш сталого і потужного шару туману з інверсією температури над його верхньою межею; остання фаза – розсіювання туману.

Сприятливі умови для виникнення радіаційного туману: відсутність хмар чи присутність хмар верхнього ярусу (хмарність зменшує випромінювання туману і земної поверхні за рахунок зростання противипромінювання атмосфери, що в свою чергу приводить до зменшення охолодження шару туману і поверхні землі); велика відносна вологість повітря (при таких умовах для набуття стану насичення необхідне менше охолодження); мала швидкість вітру (штиль чи 1-2 м/с). Такі тумани не високі: до висоти 200-300 м, частіше – менше 100 м. Розсіюються за 1,5-2 години після сходу Сонця. Сонячна радіація руйнує приземну інверсію і приводить до розсіювання такого виду туману. Також

утворенню радіаційного тумані сприяє і невисокий рослинний покрив. Він має невелику теплоємність і за рахунок цього сильно охолоджується вночі, відповідно, впливає на виникнення даного явища [2].

Радіаційні тумани формуються над суходолом за умови безхмарного неба при штилі чи слабкому вітрі внаслідок охолодження повітря за умови, що його температура стає менше температури туманоутворення. Невелике зростання швидкості вітру по вертикалі також сприяє утворенню туманів. При таких умовах виникає турбулентний обмін продуктами конденсації і сублімації від підстильної поверхні догори і відбувається підтримка цих продуктів в приземному шарі атмосфери у зваженому стані. При процесах перемішування зростає і вертикальна протяжність туману. Найчастіше гарні умови для утворення таких туманів формуються в антициклонах, баричних гребнях і сідловинах. Але влітку дуже рідко можуть виникати в області низького тиску з малими градієнтами тиску. При прогнозах радіаційних туманів враховується вологість і температура повітря, стратифікація атмосфери, швидкість і напрямок вітру, хмарність і тривалість вихолодження повітря вночі. Утворення такого туману суттєво залежить від місцевих умов [3, 4].

До туманів охолодження відносяться також тумани схилів або тумани сходження. Такі тумани виникають при підйомі повітряної маси по схилу. При цьому відбувається її адіабатичне охолодження до певної висоти, де температура повітря дорівнює температурі точки роси чи стає меншою за неї. Тут водяна пара стає насиченою, конденсується і формується туман. Стратифікація атмосфери при цьому повинна бути стійкою, в іншому випадку будуть утворюватися хмари [5].

Тумани можуть виникати і на атмосферних фронтах. Час існування такого туману визначається за допомогою швидкості руху фронту. Зазвичай, виникнення фронтального туману фіксується через 0,5-1,0 годину після проходження атмосферного фронту. Окрім цього для визначення години

руйнування такого туману враховують місцеві особливості, турбулентне перемішування, характеристику адвекції і загалом синоптичну ситуацію і її зміну [3, 4].

Основні мікрофізичні характеристики всіх видів туманів – агрегатний стан, водність, відносна вологість, розміри крапель і кристалів і їх концентрація тощо. За агрегатним станом тумани бувають крапельно-рідкі, змішані, кристалічні. Водність туману залежить від його інтенсивності – чим більша інтенсивність туману, тим більша його водність. Концентрація крапель і кристалів в туманах коливається в широких межах в залежності від типу туману. Розміри часток також змінюються в широкому діапазоні, але переважна кількість має радіус 2-18 мкм. Відносна вологість при туманах сягає майже 100 %, хоча при низьких температурах над морями й океанами може дорівнювати 80 % [5].

При температурах повітря $-30,0$ °C і нижче можуть виникати тумани льодяні чи морозні. Це відбувається в результаті перемішування атмосферного холодного повітря з вологим і теплим повітрям паливних і вихлопних газів. Перемішане повітря сягає стану насичення, це призводить до сублимації і конденсації водяної пари. За умови слабкого вітру і існування інверсії в приземному шарі атмосфери продукти згорання палива залишаються на невеликій площі. Якщо при цьому відносна вологість в повітрі вище критичного значення за даної температури, відбувається пересичення повітря у відповідності до льоду, краплі води замерзають, збільшують свої розміри і це сприяє формуванню льодяного туману. При температурах нижче $-39,0$ °C утворюються тільки такі тумани. В такому випадку краплі води замерзають незалежно від вологості повітря і збільшуються в результаті вологи продуктів згорання палива чи атмосферного повітря [3, 4].

З ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ І КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відповідно до генетично-ландшафтного чинника з врахуванням рослинності й ґрунтів рівнинну територію України перетинають декілька природних зон: Полісся, Лісостеп і Степ. В окремі зони відносять гірські масиви – Кримські гори й Українські Карпати.

Весь південь країни до узбережжя Азовського і Чорного морів і передгір'їв Криму відноситься до степової зони. Протяжність степів з північного сходу на південний захід становить 1075 км. Ширина степів змінюється від 300 км на сході до 100 км на заході. В районі Перекопського перешийка протяжність степової зони складає 450 км. Її збільшення на сході і тривалість північної межі на півночі обумовлено зростанням континентальності клімату. Площа степової зони більша 240 тис.км², досягає 40 % території України. Ґрунти степової зони однорідні – на півночі переважно чорноземи середні гумусні звичайні, для Донецької височини характерні ґрунти, що відзначаються своєю строкатістю і диференційованістю по вертикалі. На півночі степової зони раніше переважала різнотравна рослинність, у центрі – ковилова рослинність. У Присивашші й приморській зоні спостерігалися ковилові й полиново-типчаккові степи. На теперішній час 80 % степу знаходяться під сільськогосподарськими угіддями, суттєві території вкрито мережею систем для зрошування. В степовій зоні рідко зустрічається болотна, лучна й лісова рослинність. Лише 3 % степової зони вкриті лісами, в яких найбільшу площу займають дуби, трохи менше – сосни, й зовсім невелика кількість відповідає ясеневим насадженням [6, 7].

Неоднорідність поверхні землі, в особливості в теплу пору року, існування природних зон різного характеру суттєво впливають на температурний режим, розподіл опадів, напрямку і швидкості вітру. Кліматичні особливості значної

території країни є різноманітними і коливання в температурному і радіаційному режимах, режимі опадів і зволоження відбуваються як з заходу на схід, так і з півночі на південь.

У сьогоднішній назва степової зони не точно відповідає рослинності, так як майже вся територія вкрита полями. Рослинність, що характерна для Степу, зустрічається на заповідних ландшафтах і іноді на схилах балок.

В Степу суттєві кліматичні зміни спостерігаються з півночі на південь. Розрізняють Південний, Центральний і Північний Степ. Клімат степової зони помірно-теплий з недостатнім зволоженням, зима холодна, часто малосніжна, літо жарке. Середньомісячна температура січня змінюється в межах -7 до -2 °С на північному сході і південному заході відповідно і в степовій частині Криму. Середньодобова температура січня коливається від -5 до 0 °С. Літо в степовій зоні описується високими температурами майже без змін по території. Багаторічна середньомісячна температура коливається в межах $20-22$ °С в північній частині і $21-23$ °С в південній частині зони. Максимальні показники температури змінюються в межах $38-41$ °С, що говорить про відсутність різноманітних термічних умов в літній сезон. Різні температурні характеристики зимового сезону між південним заходом й північним сходом помітні на тривалості періоду без морозів: в Криму і на південному заході безморозний період становить $170-240$ днів, на північному сході – $160-200$ днів [6].

Розподіл опадів за рік по території описується їх поступовим зменшенням у напрямку до моря. Річна кількість опадів падає від 600 мм на півночі степової зони і до 370 мм на узбережжях морів і південних частинах. Зростання кількості опадів фіксується на Донецькій височині. Число днів з опадами поступово збільшується з півдня на північ від 95 до 150 днів. Влітку характерними є зливові опади. Взимку більша кількість опадів випадає у вигляді снігу, що може утворювати сніговий покрив в північній частині степової зони на початку грудня. Сніговий покрив може бути стійким в кінці грудня і зберігатися таким до березня.

В південній частині степової зони стійкість снігового покриву фіксується не скрізь. Кількість днів з сніговим покривом визначається в межах від 20 днів на півдні до 80 днів на півночі.

Для степової зони характерним є мала відносна вологість. Тут часто формуються суховії – кількість днів з явищем в теплий період року складає 7-17 днів, може перевищувати і 20 днів в певних районах. Для степової зони характерними є сильні вітри, іноді можна спостерігати смерчі. Формуються тут і чорні бурі, які переносять на певну відстань поверхневий шар чорнозему, що перетворюється на пил [6, 7].

Одеська область – приморський і прикордонний регіон України, розташований на південному заході країни, з територією 33,3 тис. км², що становить 5,5% території України. Область займає територію Північно-Західного Причорномор'я від гирла річки Дунай до Тілігульського лиману (морське узбережжя в межах області простягається на 300 км), а від моря на північ – на 200-250 км. Річкова мережа області належить басейнам Чорного моря, Дністра, Південного Бугу. На території області налічують близько 200 річок довжиною понад 10 км. Головні річки: Дунай (з Кілійським гирлом), Дністер (з притокою Кучурган), Кодима і Савранка (притока Південного Бугу). У приморській смузі багато прісноводних (Кагул, Ялпуг, Катлабух) і солоних (Сасик, Шагани, Алібей, Бурнас) озер. На узбережжі велика кількість лиманів (найбільші – Куяльницький і Хаджибейський), повністю чи частково відгороджених від моря піщано-черепашковими пересипами. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні розташовані високо цінні й унікальні природні комплекси, водно-болотні угіддя, екосистеми, що формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне, глобальне значення (рис. 3.1).

Одеська область розташована на крайньому південному заході України та межує з Вінницькою, Кіровоградською, Миколаївською областями, а також з

Республікою Молдова та Румунією. Адміністративний центр регіону – місто Одеса – одне з найбільших міст України, важливий транспортний, індустріальний, науковий, культурний і курортний центр з населенням 1013,4 тис. осіб.



Рисунок 3.1 – Фізична карта Одеської області [8]

Клімат вологий, помірно континентальний. У цілому клімат поєднує риси континентального і морського. Зима м'яка, малосніжна і нестійка; середня

температура січня від -2°C на півдні до -5°C на півночі. Для весни характерні похмура погода, тумани у зв'язку з охолоджуючим впливом моря. Літо переважно спекотне, сухе; середня температура липня від 21°C на північному заході до 23°C на півдні, максимальна до $36-39^{\circ}\text{C}$ (в останні роки і більше). Осінь тривала, тепліше весни, в основному хмарна. Середньорічна температура коливається від $8,2^{\circ}\text{C}$ на півночі до $10,8^{\circ}\text{C}$ на півдні області. Загальна сума опадів $340-470$ мм на рік, головним чином випадають влітку (часто у вигляді злив). Число годин сонячного сяйва приблизно 2200 на рік. Тривалість вегетаційного періоду $168-210$ діб із загальною сумою температур від 28°C до 34°C . Взимку переважають північні і південно-західні вітри, влітку – північно-західні і північні. Південна половина області схильна до посух, курних бурь, суховіїв [9, 10].

Миколаївська область знаходиться на півдні України, у басейні нижньої течії Південного Бугу (рис. 3.2). На заході вона межує з Одеською областю, на півночі – з Кіровоградською, на сході – з Дніпропетровською та Херсонською областями. На півдні територія області омивається водами Чорного моря. Площа Миколаївщини становить $24,6$ тис. км². Більшу частину території займає Причорноморська низовина, на півночі заходять відроги Придніпровської і Подільської височин. Височина частина дуже розчленована річковими долинами, ярами і балками. На Причорноморській низовині трапляються неглибокі замкнуті зниження (поди).

Клімат Миколаївщини помірно континентальний. Літо жарке з вітрами і частими суховіями. Зима м'яка, малосніжна. Середня температура січня $4-5^{\circ}\text{C}$ морозу, липня $+21,6...+22,8^{\circ}\text{C}$. Річна кількість опадів коливається від 330 мм на півдні області до 450 мм на півночі. Найбільша кількість опадів випадає влітку. Трапляються часті посухи й пилові бурі. Висота снігового покриву $9-11$ см. Природні та кліматичні умови області сприятливі для інтенсивного високоефективного розвитку сільського господарства.

Річки належать до басейну Чорного моря, узбережжя якого порізане лиманами. Найбільшими з яких являються: Дніпровсько-Бузький (63 км), Тилігульський (60 км), Бузький (42 км), Березанський (26 км). Найбільша річка – це Південний Буг з притоками Інгулом, Кодимою, Чичиклією, Синюхою. На сході протікає Інгулець. В межах області споруджено багато ставків та водосховищ. Річки і ставки використовуються в основному для зрошування сільськогосподарських рослин та рибиництва.

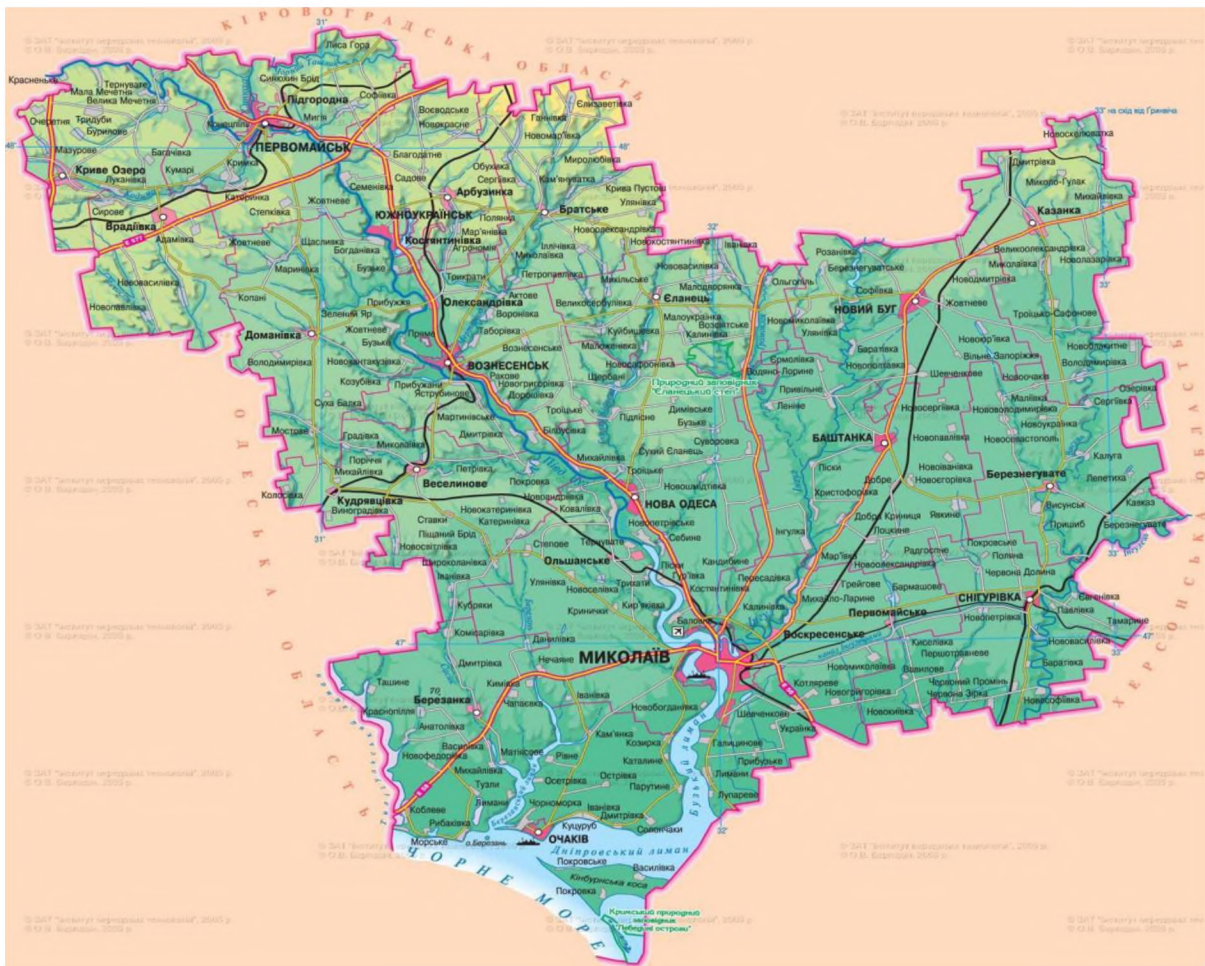


Рисунок 3.2 – Фізична карта Миколаївської області [8]

Область лежить у степовій зоні. Переважають чорноземні ґрунти різних видів, каштанові й темно-каштанові. Територія області майже повністю розорана. Природна степова рослинність зберіглася на схилах балок, в долинах річок, в Чорноморському біосферному заповіднику, природному заповіднику Сланецький Степ [11-13].

Херсонська область розташована на півдні України в степовій зоні помірного поясу Євразії. Територія області з півночі на південь розповсюджується на 180 км, з заходу на схід на 258 км. Межує Херсонщина з Миколаївською областю на заході, з Дніпропетровською – на півночі, Запорізькою – на північному сході, омивається Азовським і Чорним морем і межує з АР Крим (рис. 3.3).

Область знаходиться на південній частині Східно-Європейської платформи. Причорноморська низовина має нахил з півночі на південь, відповідно максимум висоти розташовано на півночі у Верхньорогачицькому районі, мінімум – на узбережжі морів на півдні. Головні водні артерії – річка Дніпро і права притока – Інгулець. На території Херсонщини знаходиться Каховське водосховище, велика кількість малих озер різноманітного походження.

Ґрунти Херсонської області – чорноземи, що займають центральну і північну частини регіону. Також на південь від чорноземів залягають темно-каштанові ґрунти залишково слабо- і середньосолонцюваті. Зустрічаються і піщані дернові ґрунти.

Клімат Херсонщини помірно-континентальний, м'яка зима, жарке тривале літо. Середньорічна температура повітря дорівнює 9,8-10,8 °С, середньомісячна температура січня мінус 0,8-2,2 °С, липня – +22,9-23,9 °С. Зима триває 62-77 днів, літо – 132-142 дні. Відносна вологість повітря змінюється в межах від 59 % влітку до 80 % восени і весною. Середньорічна кількість опадів становить 444 мм, більше половини річної кількості випадає в теплий період року. Херсонщина –

найзасушливіша область країни. Більша кількість опадів випадає влітку у вигляді злив. Сніговий покрив лежить кілька десятків днів, в прибережній зоні – близько 15 днів, нестійкий. Перші заморозки в повітря фіксуються в 3 декаді вересня, в приморських районах – в 2 декаді жовтня, останні – в 1 декаді травня, в приморських районах – в 2 декаді квітня.



Рисунок 3.3 – Фізична карта Херсонської області [8]

Для Херсонської області типовими є суховії (сильні вітри, висока температура і низька вологість повітря), спостерігаються зливи, град, сильний дощ, пилові бурі, сильні вітри, атмосферні посуха. Зимом спостерігаються відлиги, кількість днів з ними змінюється в межах 58-67 днів [14].

4 АНАЛІЗ РЕЖИМУ ТУМАНІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

В роботі проводимо аналіз метеорологічних умов утворення туманів – температурно-вологісного, вітрового режимів, видимості при різних видах туманів на території півдня України за період 2011-2020 рр. В якості вхідної інформації при дослідженні процесів туманоутворення використовуються дані щоденних метеорологічних спостережень за атмосферними явищами на станціях півдня України – Одеса, Миколаїв, Херсон [15-17].

4.1 Розподіл температури при туманах

Одним із основних факторів утворення туману є температура. За результатами обробки даних щоденних спостережень за атмосферними явищами на півдні України побудовано гістограми температурних коливань для трьох станцій – Одеса, Миколаїв і Херсон (рис. 4.1-4.3), також надано загальний розподіл температури при туманах на всій досліджуваній території (рис. 4.4).

На рис. 4.1 представлено розподіл температури повітря для станції Одеса. За період дослідження метеорологічна величина коливається в межах від $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найбільшу кількість випадків зафіксовано в градації від $2,1$ до $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – це 50 випадків, що становить 20 % від загального показника. Суттєві значення кількості також характерні для градацій $0,1-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $4,1-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, в яких виявлено 45 та 34 значення температур. Можна стверджувати, що розкид температур від $0,1$ до $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ складає 52 % від загальної кількості значень температури при туманах в Одесі. Мінімальні і максимальні значення даного розподілу температури становлять всього 3 випадки, при яких відбулося туманоутворення. Також слід відмітити, що при від’ємних температурах туман в Одесі формується тільки в 15 % випадків.

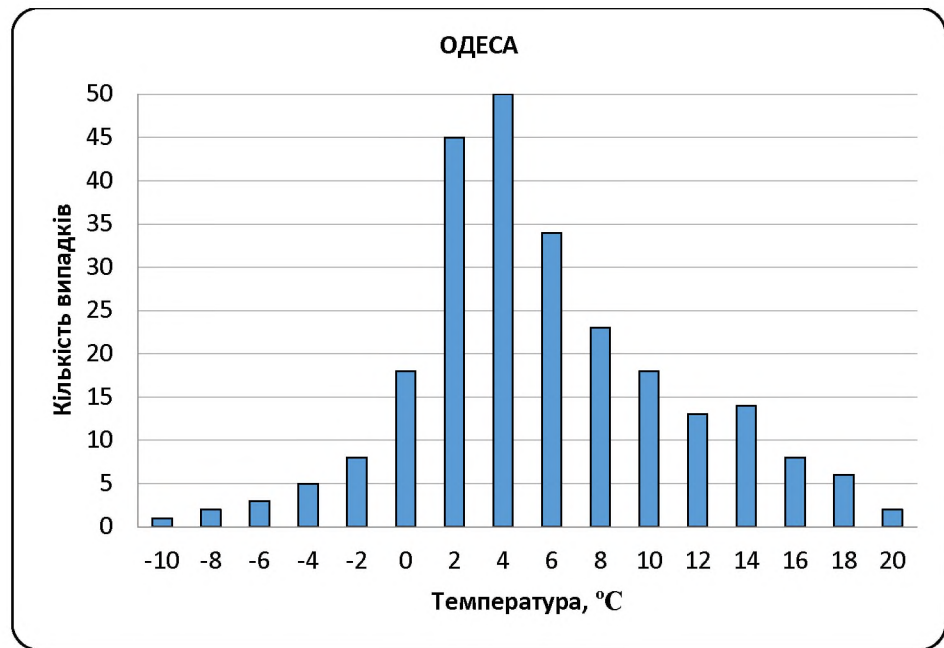


Рисунок 4.1 – Гістограма розподілу температури повітря при туманах на станції Одеса за період 2011-2020 рр.

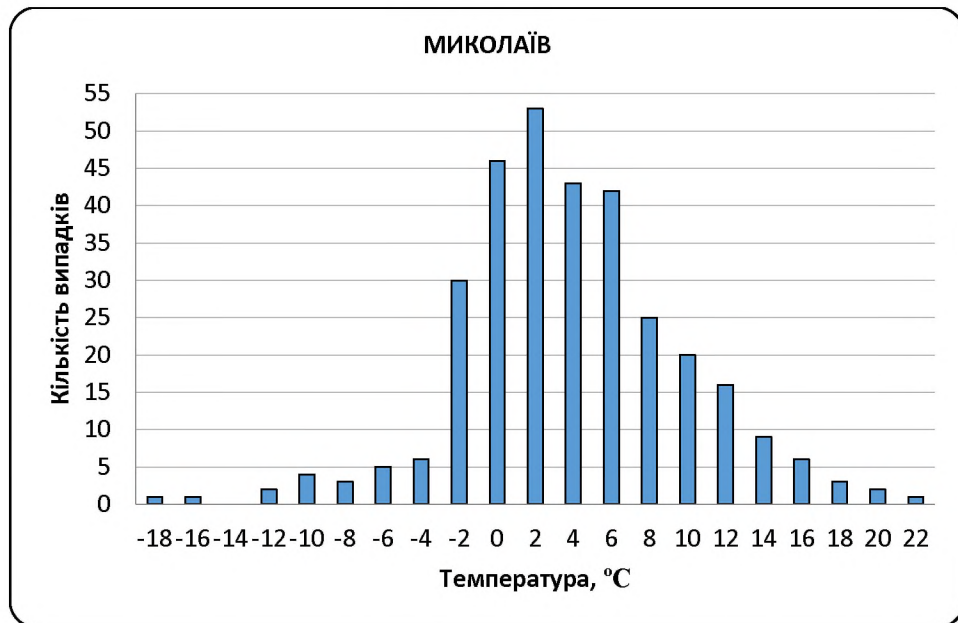


Рисунок 4.2 – Гістограма розподілу температури повітря при туманах на станції Миколаїв за період 2011-2020 рр.

На рис. 4.2 надано коливання температури повітря при процесах утворення туманів для станції Миколаїв. За період аналізу значення температури змінюється в межах від $-18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+22,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найбільшу кількість випадків зафіксовано в градації від $0,1$ до $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – це 53 випадки, що становить 17 % від загальної кількості. Суттєві показники розподілу також характерні для градацій в межах $-1,9-0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $2,1-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, в яких виявлено 46, 43 та 42 значення температур. Можна стверджувати, що розкид температур від $-1,9$ до $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить більше половини, а саме 58 %, від загальної кількості значень температури при туманах в Миколаєві. Мінімальні і максимальні значення даного розподілу температури становлять всього 2 випадки, при яких відбулося туманоутворення. При температурах від $-15,9$ до $-14,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ виникнення туманів на станції не виявлено. Також слід відмітити, що при від’ємних температурах тумани в Миколаєві формується в третині (31 %) випадків.

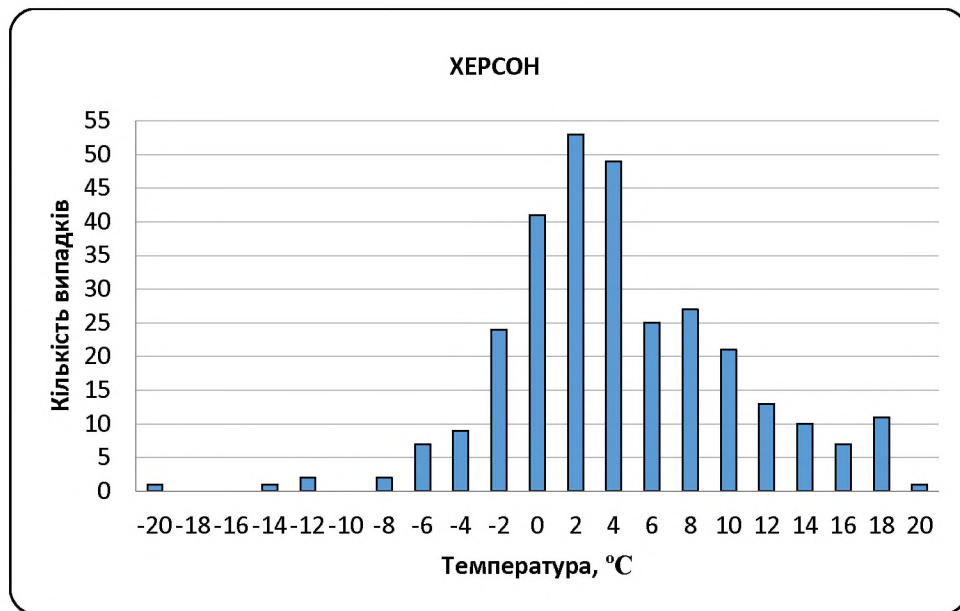


Рисунок 4.3 – Гістограма розподілу температури повітря при туманах на станції Херсон за період 2011-2020 рр.

На рис. 4.3 наведено результати аналізу температурного режиму повітря при виникненні туманів для станції Херсон. За період дослідження значення температури коливаються в межах від $-20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найбільшу кількість випадків зафіксовано в градації від $0,1$ до $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто 53 випадки, що становить 17 % від загального показника. Суттєві значення кількості також характерні для градацій в межах $-1,9-0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $2,1-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, в яких виявлено 41 та 49 значень температур. Можна стверджувати, що розкид температур від $-1,9$ до $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить 47 % від загальної кількості значень температури при туманах в Херсоні. Мінімальні і максимальні значення даного розподілу температури становлять всього 2 випадки, при яких відбулося туманоутворення. При температурах від $-19,9$ до $-16,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та при $-11,9$ до $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ виникнення туманів на станції не виявлено. Також слід відмітити, що при від'ємних температурах тумани в Херсоні утворюються в 27 % випадків.

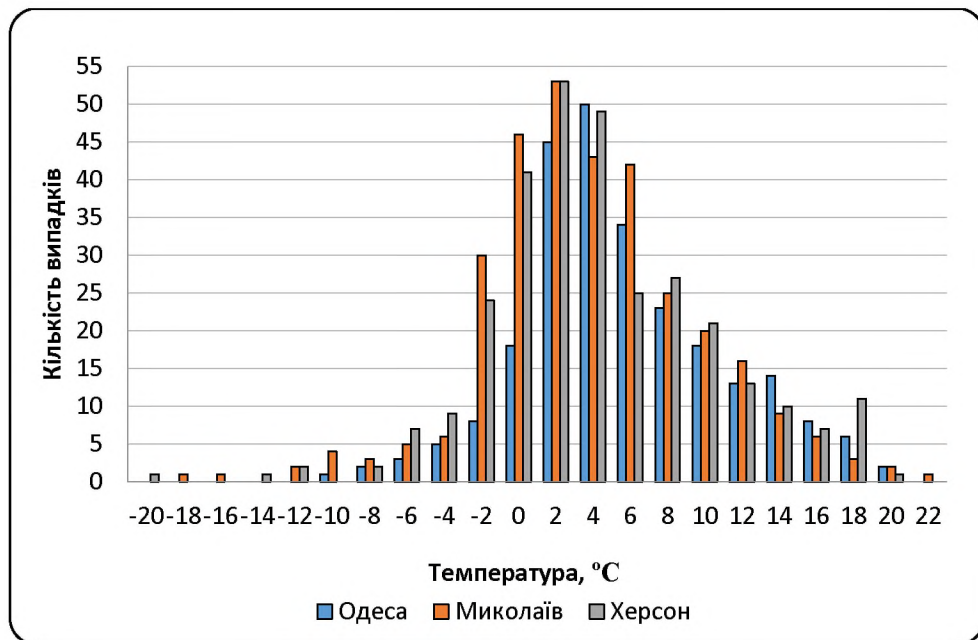


Рисунок 4.4 – Гістограма розподілу температури повітря при туманах на півдні України за період 2011-2020 рр.

На рис. 4.4 представлено межі зміни температури повітря при процесах туманоутворення на півдні України, а саме на станціях Одеса, Миколаїв, Херсон. З загальної гістограми видно, що має місце суттєва відмінність у мінімумах температур для Херсона, Миколаєва і Одеси. Виникнення туманів в Херсоні і Миколаєві виявлено при температурах $-20,0$ і $-18,0$ °С відповідно на відміну від Одеси, де процеси туманоутворення зафіксовано при мінімальних температурах $-10,0$ °С. Максимальні температури процесів формування даного явища в Одесі і Херсоні входять в градацію з максимумом $20,0$ °С, для Миколаєва цей показник становить $22,0$ °С. На станціях Миколаїв і Херсон максимальна кількість становить 53 випадки і фіксується в градації $0,1-2,0$ °С. Для Одеси максимум значень температури становить 50 випадків і виявлено його в більш теплій градації, тобто від $2,1$ до $4,0$ °С. Можна зробити висновок, що в Одесі процеси утворення туманів відбуваються при більш високих температурах (особливо в від'ємній частині шкали), ніж в Миколаєві і Херсоні.

4.2 Коливання відносної вологості при туманоутвореннях

Наступною мікрофізичною характеристикою туманів, що було проаналізовано в ході виконання роботи, є відносна вологість повітря. На рис. 4.5-4.7 наведено результати аналізу вологісного режиму на окремих станціях і на рис. 4.8 представлено розподіл вологості на півдні України. З рис. 4.5 видно, що на станції Одеса значення відносної вологості повітря при процесах туманоутворення коливаються в межах 94 до 100 %. Максимум зафіксовано для вологості 100 % – це 206 випадків, що становить більше ніж 82 % від загальної кількості випадків. В градації 97-99 % зафіксовано 29 випадків, а найменшу кількість значень вологості припадає на градацію 94-96 % – 15 випадків.

На станції Миколаїв значення відносної вологості змінюються в межах від 85 до 100 % (рис. 4.6).

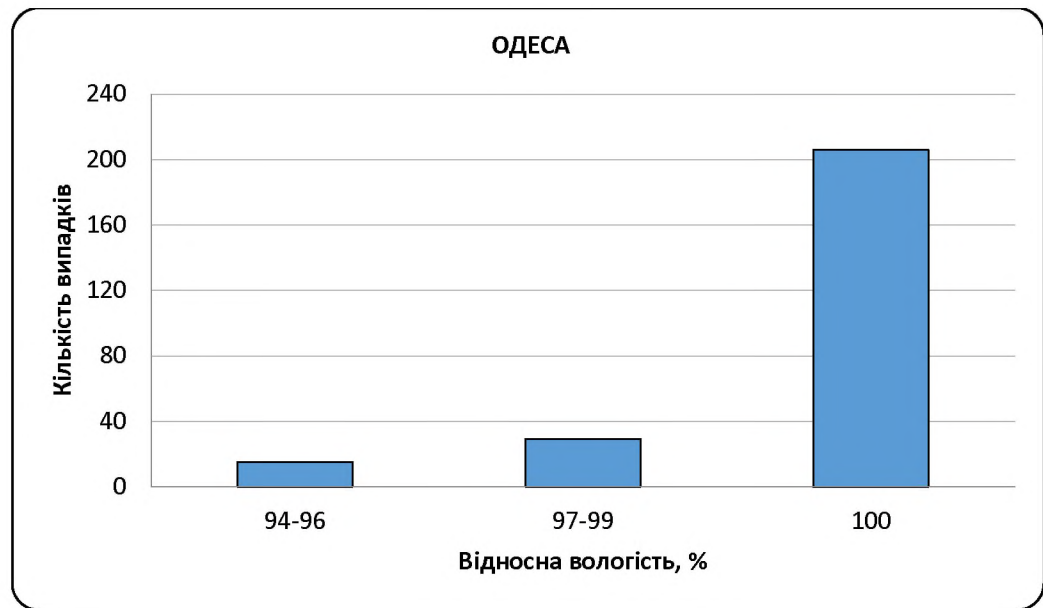


Рисунок 4.5 – Гістограма розподілу відносної вологості повітря при туманах на станції Одеса за період 2011-2020 рр.

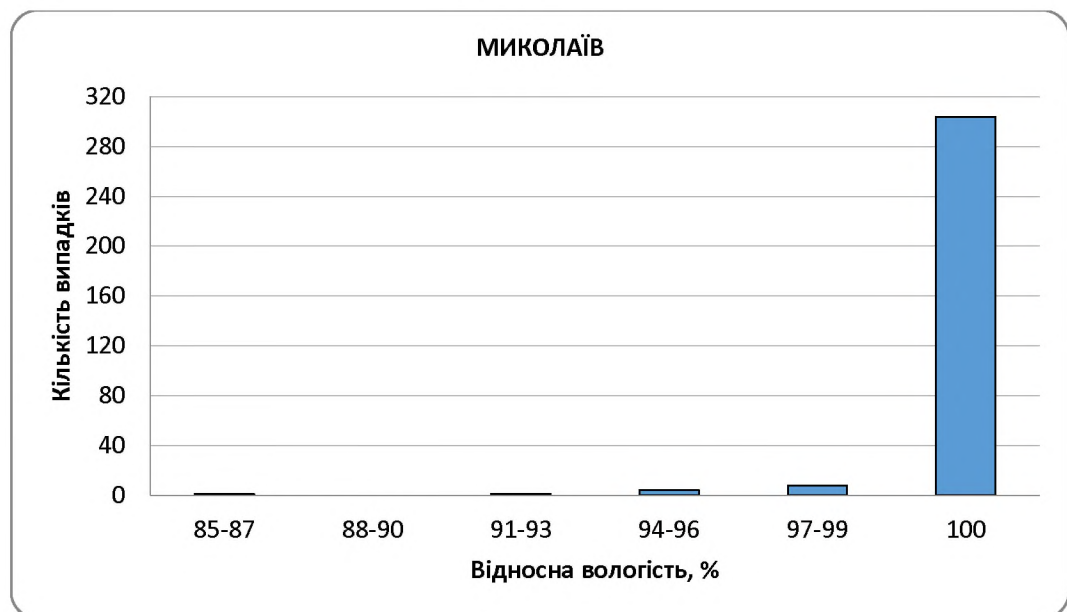


Рисунок 4.6 – Гістограма розподілу відносної вологості повітря при туманах на станції Миколаїв за період 2011-2020 рр.

Як і на станції Одеса, в Миколаєві найбільшу кількість випадків виявлено для значення вологості 100 %. Цей максимум становить 304 випадки, що відповідає 96 % загальної кількості випадків. В градації вологості 97-99 % виявлено 8 випадків, в градації 94-96 % – 4, у градаціях 91-93 і 85-87 % – по одному значенню, а при відносній вологості від 88 до 90 % в Миколаєві в період з 2011 до 2020 рр. тумани не утворювалися.

На рис. 4.7 наведено інформацію щодо змін вологісного режиму на станції Херсон. Видно з рисунку, що процеси туманоутворення в Херсоні відбуваються при мінімальній вологості повітря 88 %, в градації від 88 до 90 % виявлено тільки один випадок виникнення туману. При вологості від 91 до 96 % процеси утворення туману не відбуваються. В градації 97-99 % зафіксовано 15 випадків. Максимум випадків – 288 – характеризується максимальною вологістю, що становить 95 % від загального показника.

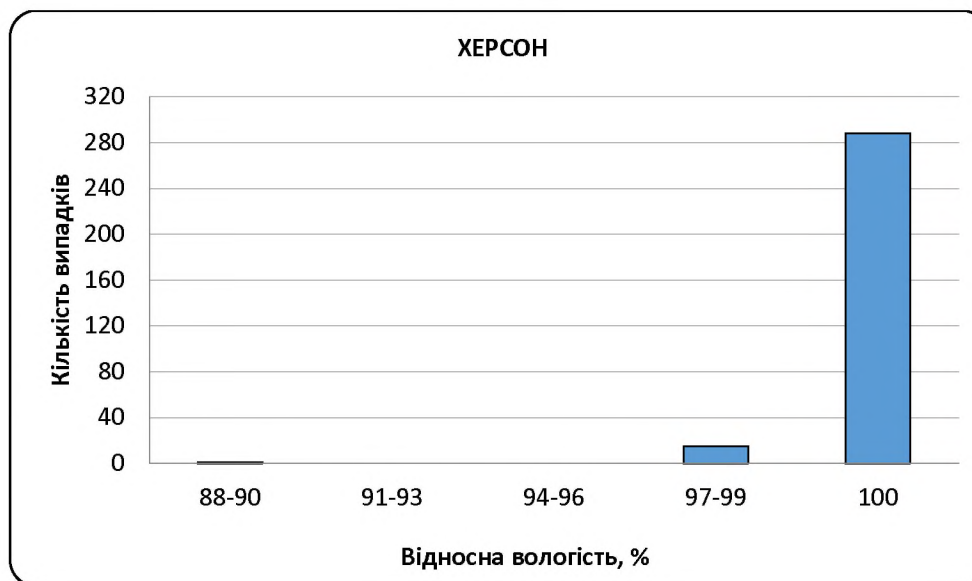


Рисунок 4.7 – Гістограма розподілу відносної вологості повітря при туманах на станції Херсон за період 2011-2020 рр.

На наступному рисунку представлено гістограму коливань відносної вологості повітря при процесах утворення туманів на півдні України за період 2011-2020 рр. (рис. 4.8).

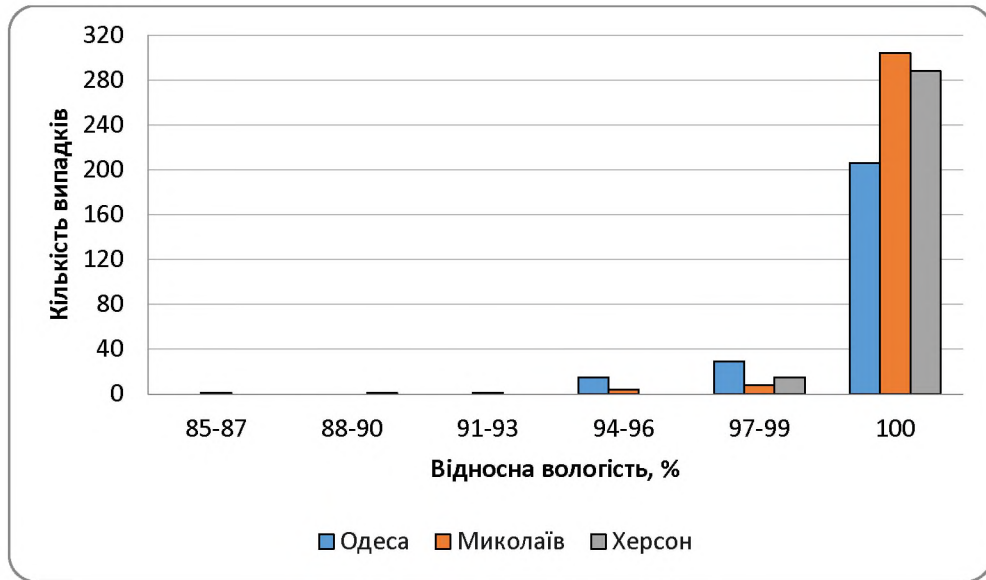


Рисунок 4.8 – Гістограма розподілу відносної вологості повітря при туманах на півдні України за період 2011-2020 рр.

Найбільша кількість туманів на півдні України утворюється при відносній вологості 100 %. При значеннях вологості від 97 до 99 % також у всіх досліджених пунктах виникають тумани, хоча їх кількісні показники суттєво менші, ніж для попередньої вологості. Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що в Одесі процеси туманоутворення відбуваються при більшій вологості повітря (починаючи з 96 %), ніж в Миколаєві і Херсоні, де тумани біло зафіксовано уже при вологості 85 і 88 % відповідно.

4.3 Аналіз видимості при туманах на півдні України

Суттєвою відмінністю туманів від явищ, таких як серпанок чи мла, що погіршують видимість, є значення вологості і показник видимості. Розподіл відносної вологості при туманах на півдні України розглянуто у попередньому розділі. Наразі проведемо аналіз зміни метеорологічної дальності видимості при цьому явищі в досліджуваному регіоні. На рис. 4.9-4.11 наведено розподіл видимості на окремих станціях, на рис. 4.12 представлено зміни видимості в цілому по півдню України.

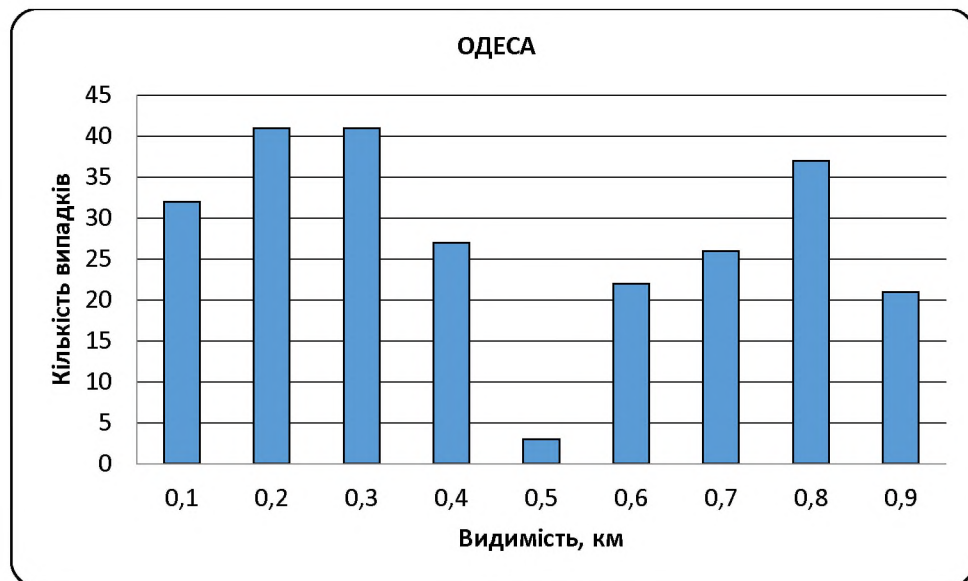


Рисунок 4.9 – Гістограма розподілу видимості при туманах на станції Одеса за період 2011-2020 рр.

Як відомо, при туманах дальність видимості коливається до менше 1 км і менше. З рис. 4.9 видно, що розподіл видимості в Одесі має певний коливальний характер. Найбільшу кількість випадків зафіксовано при показниках видимості 0,2 і 0,3 км, що становить 41 епізод і для першої, і для другої відстані. Також

суттєві кількісні показники має видимість 0,8 км й 0,1 км, які складають 37 й 32 випадки відповідно. Цікавим є факт, що видимість 0,5 км має найменшу кількість – всього 3 випадки за період дослідження.

Якщо розглядати зміни видимості у відповідності до інтенсивності туманів, то сильні тумани виявлено в 13 %, помірні – в 45 %, слабкі – в 42 % випадків. Тож, можемо зробити висновок, що для Одеси характерними є тумани помірної і слабкої інтенсивності.

На рис. 4.10 представлено розподіл видимості при туманах на станції Миколаїв. За результатами аналізу можемо робити висновок, що максимум випадків спостерігається для видимості 0,2 км – це 115 епізодів, що становить 36 % від загальної кількості випадків. Видимість 0,5 км також має велику кількість випадків у порівнянні з іншими показниками видимості. Це 60 випадків, що складає 19 % від загальної кількості. Мінімум випадків зафіксовано для видимості 0,7 км – 7 епізодів, що дорівнює 2 % від загалу.

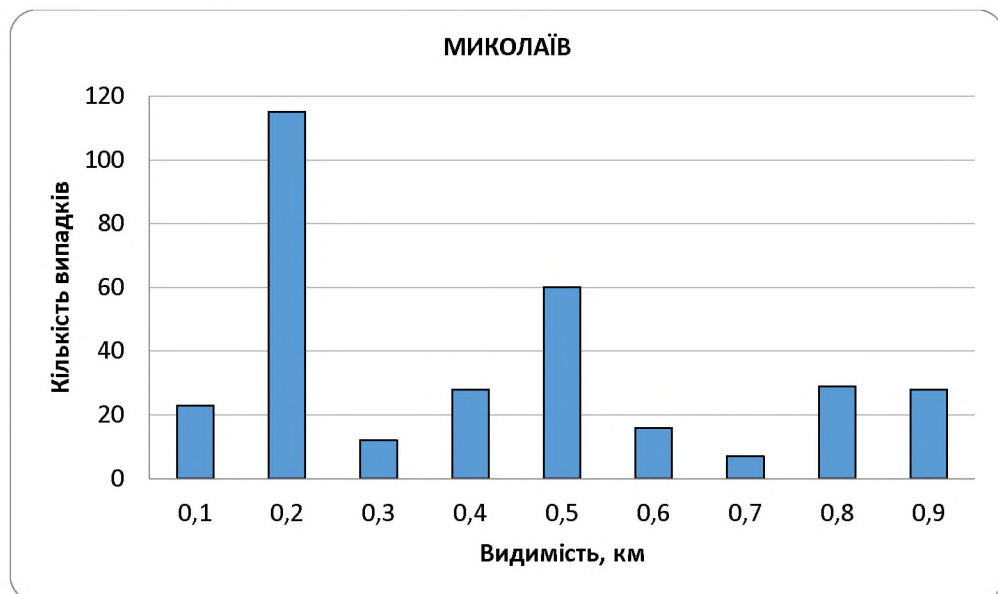


Рисунок 4.10 – Гістограма розподілу видимості при туманах на станції Миколаїв за період 2011-2020 рр.

Якщо розглядати зміни видимості у відповідності до інтенсивності туманів, то сильні тумани виявлено в 7 %, помірні – в 67 %, слабкі – в 26 % випадків. Тож, можемо зробити висновок, що для Миколаєва характерними є тумани помірної інтенсивності.

Розподіл дальності видимості на станції Херсон за період дослідження 10 років наведено на рис. 4.11. Тут найбільшу кількість випадків виявлено для показника видимості 0,5 км. Ця характеристика суттєво відрізняється від інших показників видимості і дорівнює 131 випадок, що становить 43 % від загальної кількості. Другий максимум набагато менший, його зафіксовано для видимості 0,2 км – це 31 епізод, що дорівнює трохи більше 10 % від загальних даних по цій станції. Найменшу кількість спостерігаємо для видимості 0,1 км – 13 випадків, що становить 4 % від загальної кількості.

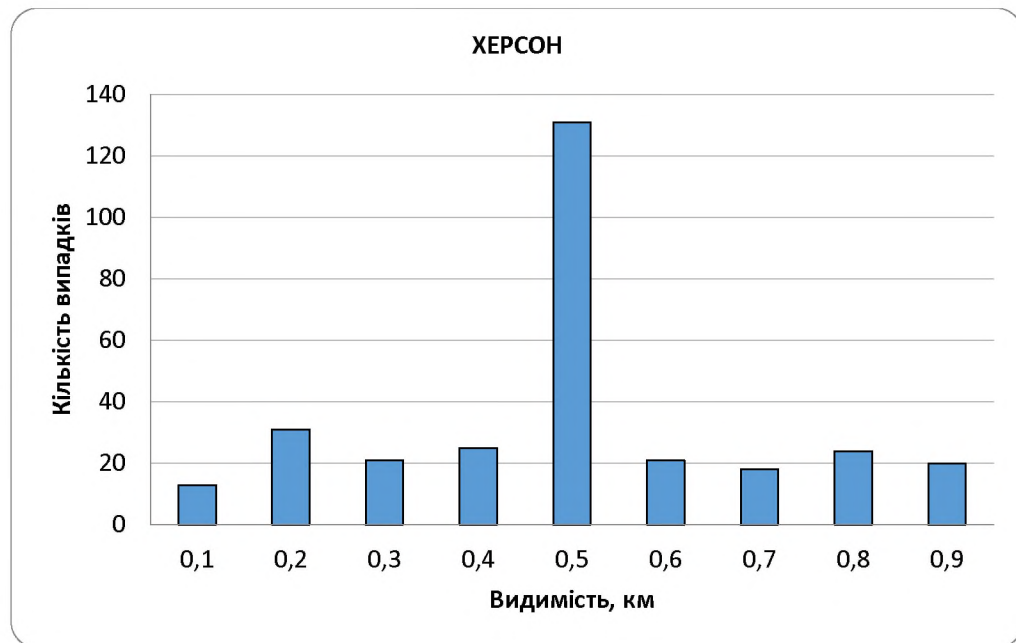


Рисунок 4.11 – Гістограма розподілу видимості при туманах на станції Херсон за період 2011-2020 рр.

При аналізі зміни видимості у відповідності до інтенсивності туманів зроблено наступні висновки: сильні тумани виявлено в 4 %, помірні – в 68 %, слабкі – в 28 % випадків. Тож, можемо зробити висновок, що для Херсона, як і для Миколаєва, характерними є тумани помірної інтенсивності.

На рис. 4.12 представлено просторовий розподіл зміни видимості на досліджуваних станціях півдня України за період дослідження 2011-2020 рр.

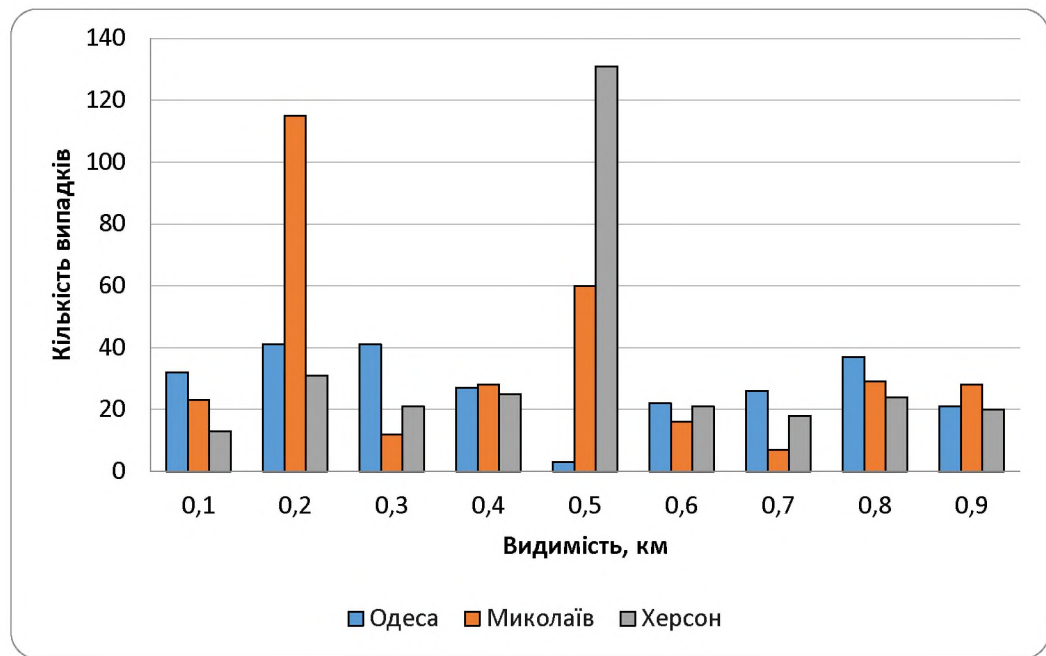


Рисунок 4.12 – Гістограма розподілу видимості при туманах на півдні України за період 2011-2020 рр.

В просторовому розподілі видимості при туманах виявлено суттєві розбіжності між показниками видимості для досліджуваних станцій. Наприклад, видимість 0,5 км має мінімум випадків в Одесі (3), для Миколаєва – це другий максимум, що складає 60 епізодів, а для Херсона кількість випадків становить 131, що є максимумом, який однозначно відрізняється від інших показників видимості для цієї станції. Також необхідно відмітити, що розкид кількості

випадків фіксуємо найменший в Одесі від 3 (0,5 км) до 41 (0,2 і 0,3 км), в Миколаєві – від 7 (0,7 км) до 115 (0,2 км), в Херсоні – від 13 (0,1 км) до 131 (0,5 км). При цьому звертаємо увагу на певну схожість у показниках видимості при різній інтенсивності туманів. Найменший ваговий коефіцієнт мають сильні тумани на всіх станціях аналізу. Помірні тумани мають найбільший відсоток від загальної кількості туманів на досліджуваних станціях, хоча в Миколаєві (67 %) і Херсоні (68 %) цей показник на третину більший, ніж в Одесі (45%). Слабкі тумани мають найбільшу повторюваність в Одесі – це 42 %, на відміну від Миколаєва і Херсона, де слабка інтенсивність туманів становить 28 і 26 % відповідно.

Аналіз просторового розподілу видимості на території трьох станцій півдня свідчить про суттєві відмінності її режиму в Одесі у порівнянні з її змінами в Миколаєві і Херсоні.

4.4 Вітровий режим

Розглянемо вітровий режим при процесах утворення туманів на досліджуваній території. Як відомо, вітровий режим характеризується швидкістю і напрямком вітру. Проаналізуємо спочатку режим швидкостей вітру. На рис. 4.13-4.16 представлено гістограми розподілу швидкості вітру окремо для кожної станції і загальні показники для досліджуваної території.

На станції Одеса (рис. 4.13) швидкість вітру при туманах коливається в межах від 0 до 11 м/с. Слід відзначити, що великі швидкості вітру при процесах туманоутворення фіксуються досить рідко: в градації 11-12 м/с – 1 випадок (0,4 % від загальної кількості випадків), в градації 9-10 м/с – 2 випадки (0,8 %), в градації 7-8 м/с – 4 випадки (1,6 %). Найбільшу повторюваність в Одесі при туманах мають швидкості вітру в градації 1-2 м/с – 54 % (135 випадків). Другий максимум повторюваності виявлено для градації 3-4 м/с – 27 % (67 випадків). Штиль при

туманах зафіксовано в 25 випадках, що становить 10 % від загальної кількості випадків. Градація вітру 5-6 м/с має повторюваність 6,4 %, що становить 16 випадків.

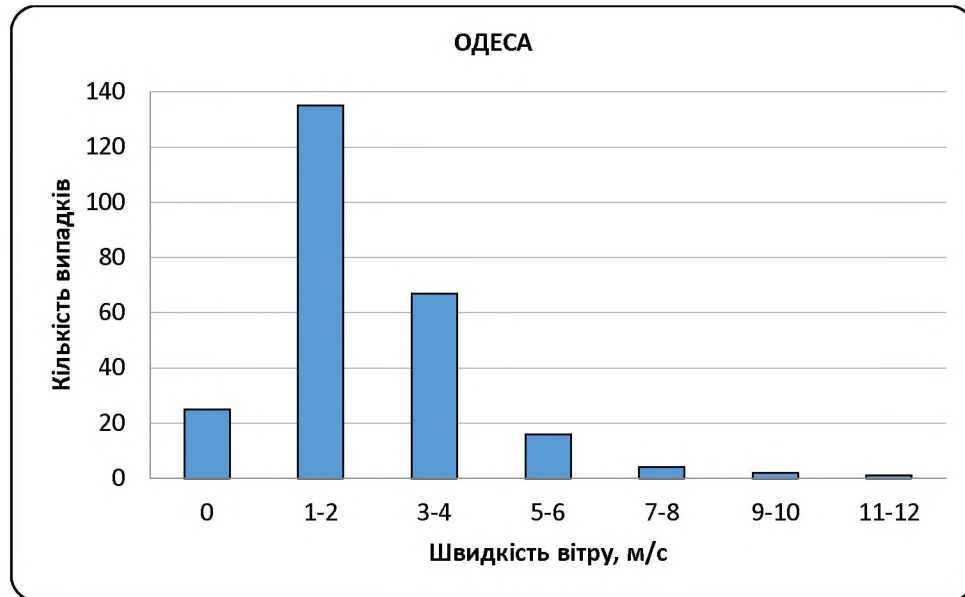


Рисунок 4.13 – Гістограма розподілу швидкості вітру при туманах на станції Одеса за період 2011-2020 рр.

На станції Миколаїв (рис. 4.14) швидкість вітру при туманоутворенні змінюється в межах від 0 до 10 м/с. Найбільшу повторюваність при туманах мають швидкості вітру в градації 3-4 м/с – 36 % (113 випадків). Другий максимум повторюваності виявлено для градації 1-2 м/с – 30 % (96 випадків). Градація вітру 5-6 м/с фіксується в 48 випадках, що становить 15 % від загальної кількості випадків. Майже стільки епізодів виявлено для штиля – 46 випадків. Слід відзначити, що великі швидкості вітру при процесах туманоутворення фіксуються досить рідко: в градації 9-10 м/с – 2 випадки (0,6 %), в градації 7-8 м/с – 13 випадків, що становить 4 % від загальної кількості.

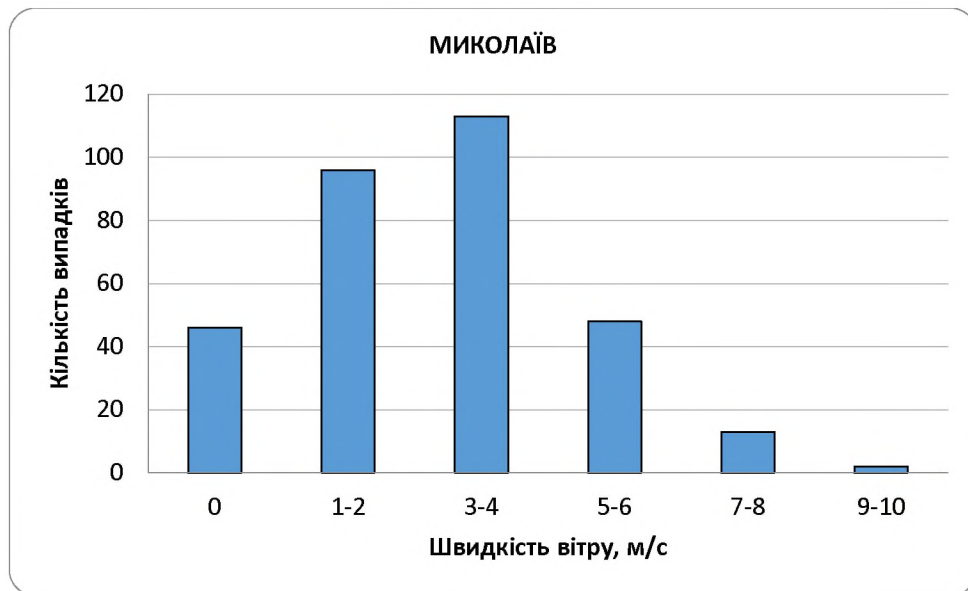


Рисунок 4.14 – Гістограма розподілу швидкості вітру при туманах на станції Миколаїв за період 2011-2020 рр.

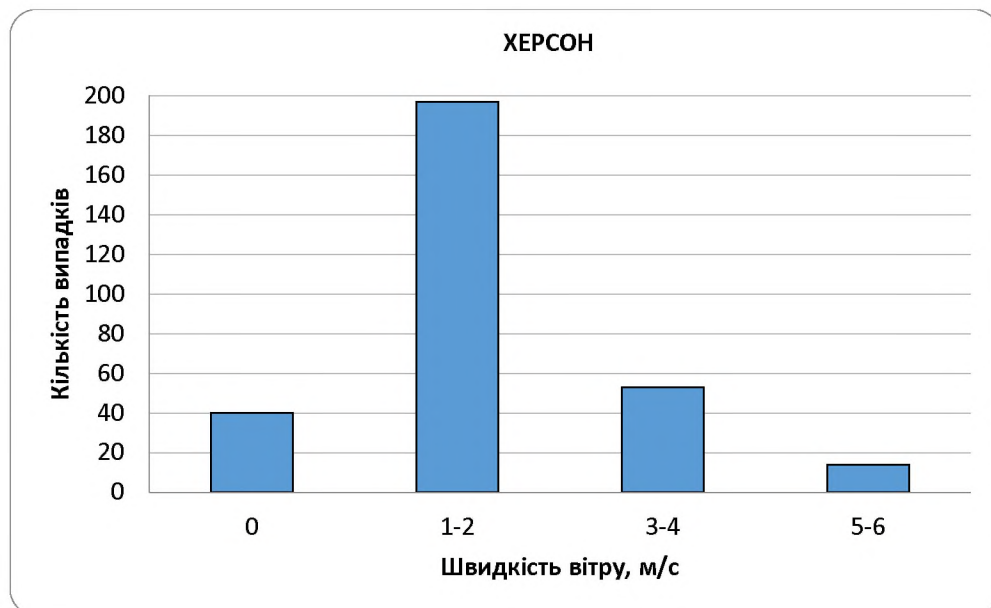


Рисунок 4.15 – Гістограма розподілу швидкості вітру при туманах на станції Херсон за період 2011-2020 рр.

На станції Херсон (рис. 4.15) швидкість вітру при процесах утворення туманів коливається в межах від 0 до 6 м/с. Найбільшу повторюваність в Херсоні при туманах мають швидкості вітру в градації 1-2 м/с – 65 % (197 випадків). Другий максимум повторюваності виявлено для градації 3-4 м/с – 17 % (53 випадки). Штиль при туманах зафіксовано в 40 випадках, що становить 13 % від загальної кількості випадків. Градація вітру 5-6 м/с має повторюваність 4,6 %, що становить 14 випадків.

Розподіл швидкості вітру дає змогу зробити висновок, що найбільшу повторюваність при утворенні туманів на півдні України (рис. 4.16) мають швидкості вітру 1-2 м/с, що становить майже половину випадків – 49 %. Другий максимум повторюваності зафіксовано для градації вітру 3-4 м/с – 27 % від загальної кількості випадків. На штилі припадає 13 % випадків утворення туманів на досліджуваній території за період 2011-2020 рр.

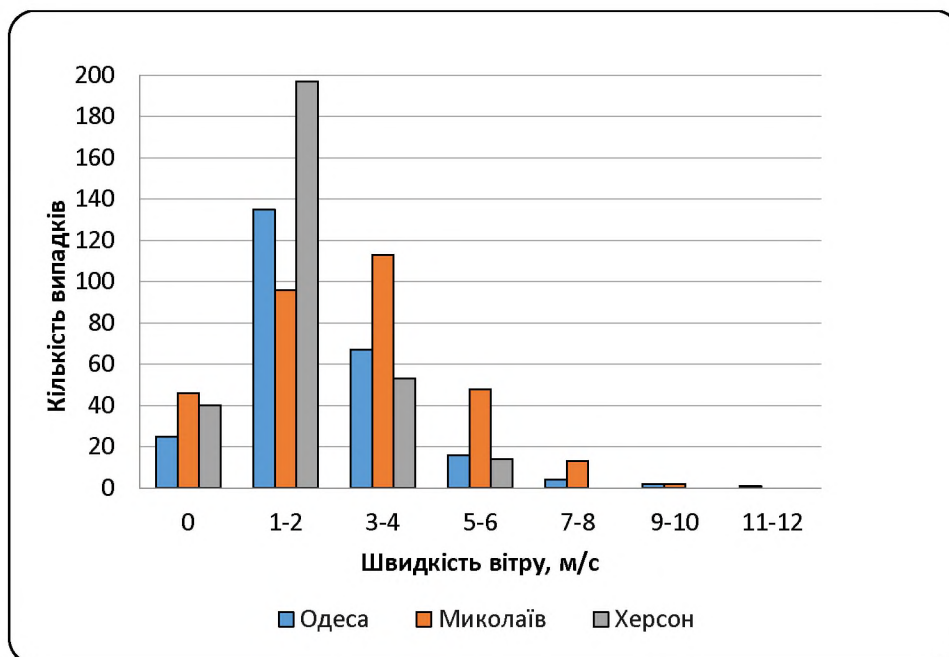


Рисунок 4.16 – Гістограма розподілу швидкості вітру при туманах на півдні України за період 2011-2020 рр.

Максимальні швидкості вітру при туманах виявлено в Одесі – це 11 м/с. Слід відмітити, що такі великі швидкості вітру при утвореннях туманів зафіксовано тільки в Одесі. В Миколаєві максимальні показники швидкості визначено в градації 9-10 м/с, в Херсоні, взагалі, максимуми спостерігалися в градації 5-6 м/с.

Друга характеристика вітрового режиму – це напрямок вітру. В роботі проведено аналіз напрямків вітру окремо для кожної станції і загалом для території дослідження і побудовано рози вітрів (рис. 4.17-4.20).

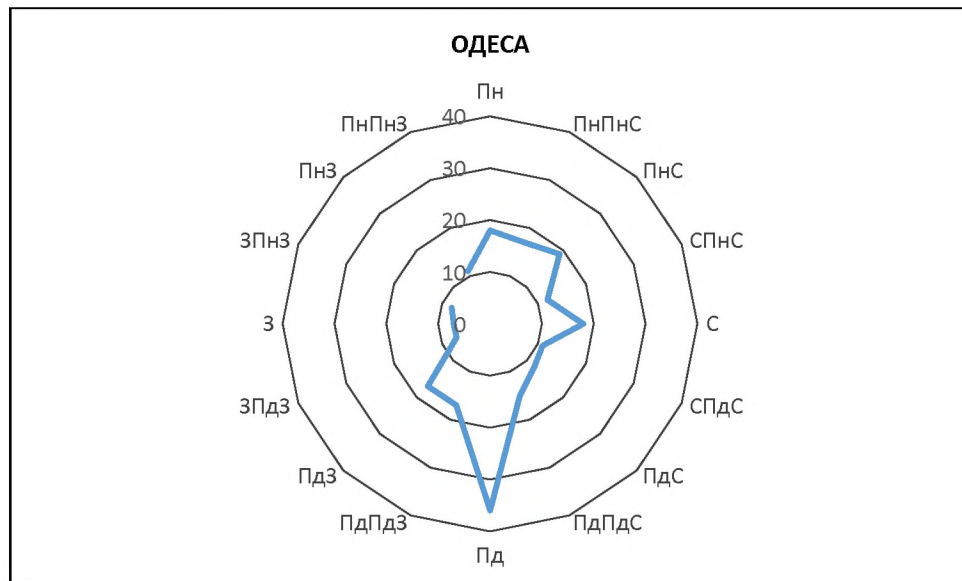


Рисунок 4.17 – Роза вітрів при туманах на станції Одеса за період 2011-2020 рр.

Аналіз напрямків вітру при процесах туманоутворення в Одесі (рис. 4.17) показує, що найбільшу повторюваність має південний напрямок вітру – це 36 випадків, що становить 14,4 % від загальної кількості. Наступний максимум у 19 випадків припадає на північно-східний напрямок (7,6 %). Північний і східний напрямки вітру при утворенні туману спостерігаються у 18 випадках кожний і по

становить майже 11 % від загальної кількості випадків. Суттєву повторюваність мають напрямки ПдС – 8,6 % (26 випадків), СПнС і Пд – по 8,2 % (по 25 випадків). Невеликі повторюваності виявлено для напрямку вітру ЗПнЗ – 2,3 % (7 випадків), ПнПнЗ – 2 % (6 випадків) і мінімумом характеризується напрямком ПдПдЗ – 1,6 % (5 випадків).

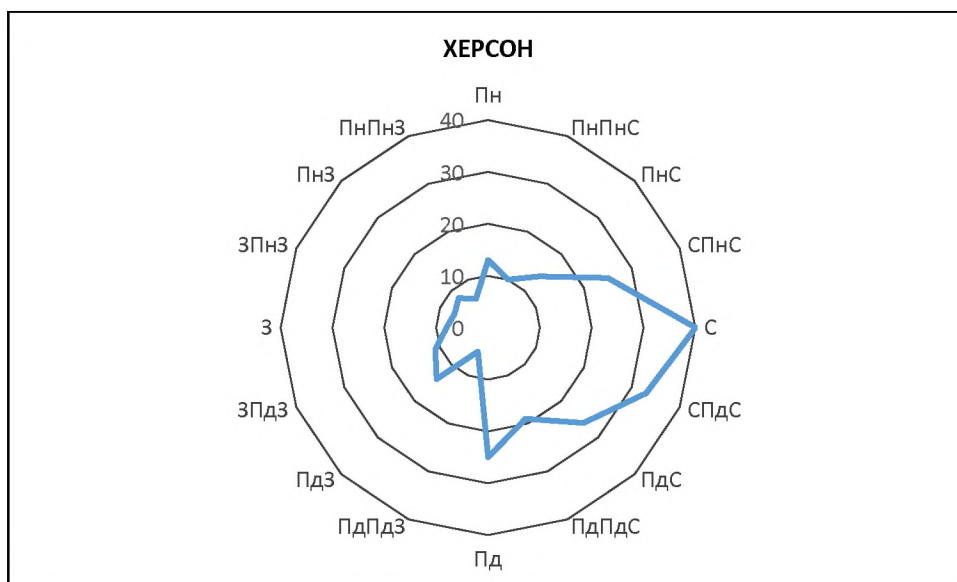


Рисунок 4.19 – Роза вітрів при туманах на станції Херсон за період 2011-2020 рр.

На рис. 4.20 представлено розу вітрів при туманах, що утворилися на півдні України за період 2011-2020 рр. З рози вітрів видно, що найбільшу повторюваність має східний вітер і пануючим він є для Миколаєва і Херсона. Для Одеси пануючим вітром виявлено південний напрямок, який має велику повторюваність і для інших станцій. Загалом, можна зробити висновок, що при утворенні туманів на півдні України переважними є вітри квадранту схід-південь.

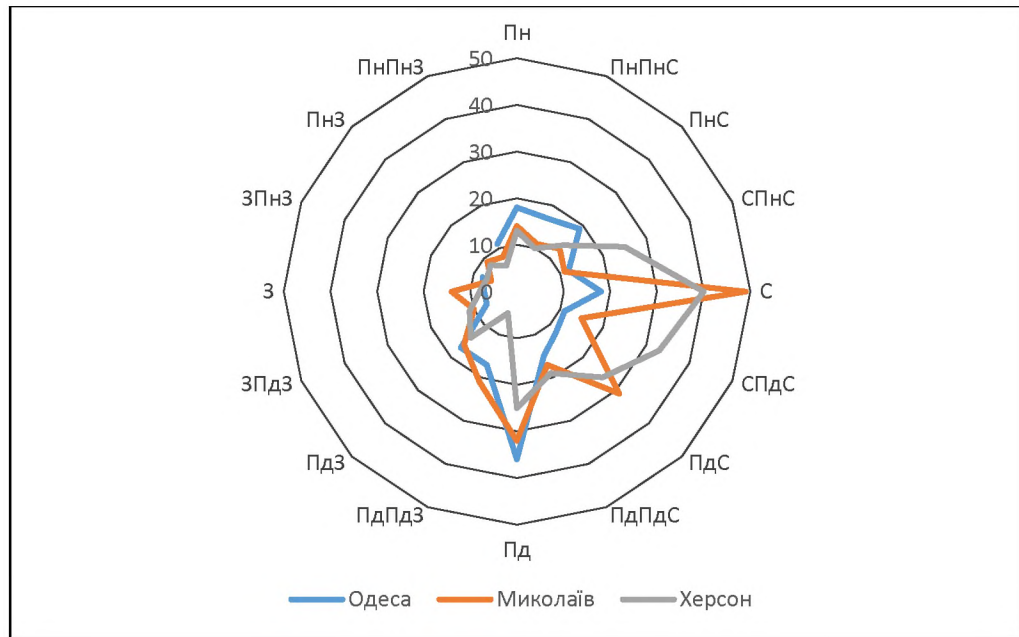


Рисунок 4.20 – Роза вітрів при туманах на півдні України за період 2011-2020 рр.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи проведено аналіз метеорологічних умов утворення туманів – температурно-вологісного, вітрового режимів, видимості при різних видах туманів на території півдня України за період 2011-2020 рр. В якості вхідної інформації при дослідженні процесів туманоутворення використовуються дані щоденних метеорологічних спостережень за атмосферними явищами на станціях півдня України – Одеса, Миколаїв, Херсон.

Аналіз метеорологічного режиму при процесах туманоутворення дає можливість зробити наступні висновки.

В температурному режимі має місце суттєва відмінність у мінімумах температур для Херсона, Миколаєва і Одеси. Виникнення туманів в Херсоні і Миколаєві виявлено при температурах $-20,0$ і $-18,0$ °С відповідно на відміну від Одеси, де процеси туманоутворення зафіксовано при мінімальних температурах $-10,0$ °С. Максимальні температури процесів формування даного явища в Одесі і Херсоні входять в градацію з максимумом $20,0$ °С, для Миколаєва цей показник становить $22,0$ °С. На станціях Миколаїв і Херсон максимальна кількість становить 53 випадки і фіксується в градації $0,1-2,0$ °С. Для Одеси максимум значень температури становить 50 випадків і виявлено його в більш теплій градації, тобто від $2,1$ до $4,0$ °С. Можна зробити висновок, що в Одесі процеси утворення туманів відбуваються при більш високих температурах (особливо в від'ємній частині шкали), ніж в Миколаєві і Херсоні.

Аналіз вологісного режиму свідчить, що найбільша кількість туманів на півдні України утворюється при відносній вологості 100 %. При значеннях вологості від 97 до 99 % також у всіх досліджених пунктах виникають тумани, хоча їх кількісні показники суттєво менші, ніж для попередньої вологості. В Одесі процеси туманоутворення відбуваються при більшій вологості повітря

(починаючи з 96 %), ніж в Миколаєві і Херсоні, де тумани біло зафіксовано уже при вологості 85 і 88 % відповідно.

Аналіз просторового розподілу видимості на території трьох станцій півдня свідчить про суттєві відмінності її режиму в Одесі у порівнянні з її змінами в Миколаєві і Херсоні.

Розподіл швидкості вітру дає змогу зробити висновок, що найбільшу повторюваність при утворенні туманів на півдні України мають швидкості вітру 1-2 м/с, що становить майже половину випадків – 49 %. Другий максимум повторюваності зафіксовано для градації вітру 3-4 м/с – 27 % від загальної кількості випадків. На штилі припадає 13 % випадків утворення туманів на досліджуваній території за період 2011-2020 рр.

Для аналізу напрямків вітру при туманоутвореннях на досліджуваних станціях побудовано рози вітрів. Аналіз показує, що найбільшу повторюваність має східний напрямок вітру і пануючим він є для Миколаєва і Херсона. Для Одеси пануючим вітром виявлено південний напрямок, який має велику повторюваність і для інших станцій. Загалом, можна зробити висновок, що при утворенні туманів на півдні України переважними є вітри квадранту схід-південь.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина І. Метеорологічні спостереження на станціях. Державна гідрометеорологічна служба. Київ, 2011. 280 с.
2. Школьний Є.П. Фізика атмосфери: Підручник. Київ: КНТ, 2007. 508 с.
3. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: Підручник. Одеса, 2010. 407 с.
4. Івус Г.П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди: Навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2007. 322 с.
5. Борисова С.В., Катеруша Г.П. Метеорологія і кліматологія. Конспект лекцій. Одеса: «Екологія», 2008. 152 с.
6. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання. Навчальний посібник. Одеса: ТЭС, 2012. 180 с.
7. Клімат України / За ред. Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
8. <https://www.google.com.ua/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fgeomap.com.ua%2Fuk-gr%2F505.html&psig=AOvVaw3bZH4pHjyZlpEvGFkIRF2i&ust=1701450203130000&source=images&cd=vfe&ved=0CAUQjB1qFwoTCLC4m4ua7IIDFQAAAAAdA> (дата звернення 20.11.2023)
9. https://oda.odessa.gov.ua/wp-content/uploads/2021/05/pasport-oblasty-2020_compressed.pdf (дата звернення 18.05.2023)
10. <http://old.mfa.gov.ua/ua/about-ukraine/info/regions/18-odesa> (дата звернення 18.05.2023)
11. Агрокліматичний довідник по Миколаївській області (1986-2005 рр.). За ред. Л. М. Дуранік та Т. І. Адаменко. Миколаїв, 2011. 191 с.

12. <http://www.novageografia.com/vogels-359-1.html> (дата звернення 18.05.2023)

13. Недострелова Л.В. Особливості формування снігового покриву на території центральної і південної України в умовах сучасних змін клімату: Монографія. Одеса, 2022. 150 с.

14. Агрокліматичний довідник по Херсонській області (1986-2005 рр.). За ред. Л. М. Дуранік та Т. І. Адаменко. Херсон, 2011. 190 с.

15. Недострелова Лариса, Чаленко Владислав. Багаторічний розподіл кількості днів з туманами на півдні України. *POLISH SCIENCE JOURNAL*. ISSUE 11(44). Warsaw: Sp. z o. o. "iScience", 2021. p. 56-61. ISBN 978-83-949403-4-8.

16. Недострелова Л.В., Чаленко В.В. Розподіл кількості днів з туманами по сезонах на півдні України. Вісник ГМЦ ЧАМ, 2021. № 1(25). С. 3-10.

17. Недострелова Л.В., Чумаченко В.В., Чаленко В.В. Сучасні тенденції у формуванні небезпечних явищ на Півдні України. Другий Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд: тези доповідей. Одеса: Одеський державний екологічний університет. 7-9 жовтня 2021 р. С. 174-175 ISBN 978-966-186-163-2.