МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Характеристика туманоутворення на станції Одеса АМСЦ

Виконав студент групи М – 5т (і) з/ф
Спеціальності 103 «Науки про Землю»

Павлюк Микола Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Консультант_____-_____

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

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

Одеса 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів
Кафедра Метеорології та кліматології
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
метеорології та кліматології
Прокоф'єв О. М.
« 05» травня 2021 року

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

студенту Павлюку Миколі Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи Характеристика туманоутворення на станції Одеса АМСЦ

керівник роботи *Агайар Елліна Вікторівна, к.геогр.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від «23» квітня 2021 року № 50-С

2.Строк подання студентом роботи 3 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи *1. Дані телеграм METAR щодо випадків з туманом на ст. Одеса АМСЦ за період з 2016 по 2020 рр.;* 2. *Синоптичні карти з архіву пакету АРМСин та Wetterzentrale* 3. *Аеросиноптичні матеріали за 7-8 березня 2018 р.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1. Огляд сучасних літературних джерел за темою дослідження. 2. Аналіз багаторічного режиму формування туманів на ст. Одеса АМСЦ. 3. Визначення найбільш ймовірних синоптичних процесів, що формують тумани в районі аеропорту Одеса. 4. Оцінка аеросиноптичніх умов утворення тривалого туману в районі ст. Одеса АМСЦ 7-8 березня 2018 р.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Рис. 1.1. – Середнє число днів з туманами за рік; Рис. 2.1 – Супутниковий знімок Одеського аеропорту; Рис. 2.2 – Схема розміщення метеорологічних станцій в районі Одеси; Рис. 2.3-2.8 – Повторюваність (%) характеристик туманоутворення на ст. Одеса-АМСЦ; Рис. 3.1 – Повторюваність підтипів синоптичних процесів (%) при при яких формувалися тумани на ст. Одеса АМСЦ у період з 2016 по 2020 рр.; Рис. 3.2-3.8 –Типи синоптичних процесів; Рис. 3.5-3.12 – Аеросіноптічни дані за 7-8 березня 2018 р.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 05 травня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Вивчення літературних джерел за темою дослідження	05.05.2021 р. - 07.05.2021 р.	90	5 *(відмінно)*
2.	Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження	08.05.2021 р.- 10.05.2021 р.	90	5 *(відмінно)*
3.	Аналіз повторюваності випадків з туманами на ст. АМСЦ Одеса за період 2016-2020 рр.	11.05.2021р.- 13.05.2021 р..	90	5 *(відмінно)*
4.	Оцінка синоптичних умов формування туманів в районі аеропорту Одеса	14.05.2021 р.- 16.05.2021 р.	90	5 *(відмінно)*
	Рубіжна атестація	***17.05.2021 р.- 22.05.2021 р.***	***90***	***5 (відмінно)***
5.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	23.05.2021р.- 03.06.2021 р.	90	5 *(відмінно)*
6.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	03.06.2021 р.- 05.06.2021 р.	90	5 *(відмінно)*
	Підготовка паперової версії кваліфікаційної роботи бакалавра і презентаційного матеріалу захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	**90,0**	-

Студент _____ Павлюк М. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ТУМАНІВ..... 5
1.1 Умови утворення та розподіл туманів над Україною 5
1.2 Тривалість туманів..... 10
1.3 Вплив туману на роботу авіації 11
1.4 Визначення дальності видимості на мережі метеорологічних станцій та на аеродромах для забезпечення авіації 12
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТУМАНОУТВОРЕННЯ НА АЕРОДРОМІ ОДЕСА У 2016-2020 рр. 15
2.1 Короткий кліматичний опис аеродрому Одеса..... 15
2.2 Метеорологічне забезпечення польотів на аеродромі Одеса 18
2.3 Повторюваність туманів на станції Одеса АМСЦ з 2016 по 2020 рр. ..22
2.4 Розподіл вітру та температури при туманах на аеродромі Одеса за 2016-2020 рр..... 26
3 СИНОПТИЧНІ УМОВИ УТВОРЕНННЯ ТУМАНУ НА СТАНЦІЇ ОДЕСА АМСЦ.....31
3.1 Характеристика баричного поля, що сприяє виникненню туманів.....31
3.2 Аналіз метеорологічних та синоптичних умов 7-8 березня 2018 р... …38
ВИСНОВКИ..... 41
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 42

ВСТУП

Туман – це скупчення завислих у приземному шарі атмосфери крапель води або кристалів льоду, яке погіршує горизонтальну видимість на відстані до 1 км. Тумани належать до числа найбільш небезпечних явищ погоди. Раптовість їхнього виникнення і значна тривалість є серйозною перешкодою для роботи транспорту взагалі, а надто авіації: затримуються і відміняються авіарейси, ускладнюється функціонування залізничного, річково-морського транспорту, зупиняється рух на автострадах [4]. Метеорологічне забезпечення авіації є однією із найважливіших задач Гідрометеорологічної служби. Безпека, регулярність та ефективність польотів авіації залежить від багатьох факторів, обумовлених зовнішнім середовищем, серед яких значну роль відіграє прозорість атмосфери, особливо вертикальна видимість, тобто нижня межа хмарності та тумани, що співпадає з висотою прийняття рішення пілота про посадку [1, 5, 11, 13].

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження сучасних особливостей формування туманів на станції Одеса АМСЦ з 2016 по 2020 рр. Проведено аналіз синоптичних умов, які формують тумани в районі аеропорту Одеса.

В якості вихідного матеріалу в роботі використані дані з телеграм METAR сайту метеорологічного сервісу rp. 5 [14] щодо випадків з туманами на ст. Одеса АМСЦ. База даних архіву пакету АРМСин та Wetterzentrale [17], щодо виявлення основного типу синоптичних процесів, які у більшості випадків обумовлюють формування туманів, здійснений аналіз щоденних приземних карт и карт баричної топографії за період з січня 2016 по грудень 2020 років в строк спостереження 00.00 UTC.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к. геогр. н., доц. Агайар Е. В.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ТУМАНІВ

1.1 Умови утворення та розподіл туманів над Україною

Туман - це помутніння повітря в приземному шарі, яке викликане продуктами конденсації водяної пари при горизонтальній видимості менше 1 км хоча б в одному напрямку. При погіршенні видимості в межах від 1 до 10 км явище має назву - *серпанок*.

Туман формується під дією таких факторів:

1) охолодження нижнього шару повітря за рахунок теплообміну з підстильною поверхнею;

2) випаровування з поверхні води, ґрунту або краплин дощу в більш холодне повітря;

3) надходження в приземний шар повітря водяної пари з продуктами згоряння великої кількості палива промисловістю, транспортом тощо.

Туман виникає при відносній вологості від 97 до 100%. В залежності від фізичних процесів формування тумани поділяють на три основних класи:

- тумани охолодження (радіаційні, адвентивні і адвективно-радіаційні);
- тумани випаровування;
- тумани від згоряння палива.

Тумани відмічаються досить часто повсюди. Просторовий розподіл числа днів з туманом на території України характеризується значною мінливістю залежить від синоптичних процесів та характеру підстильної поверхні (рис. 1.1).

В Українських Карпатах та Кримських горах спостерігається найбільше число днів з туманом (Плай — 247, Ай-Петрі — 182). У цих районах важливу роль у виникненні туману відіграє орографічний фактор. Під впливом

орографії збільшується частота туману також на Донецькій височині, де буває понад 100 днів, а на Волинській, Подільській та Придніпровській височинах — до 60–70 днів з туманом за рік. На підвітряній стороні гір та височин повторюваність туману значно зменшується.

У низовинах в середньому спостерігається 40-50 днів з туманом, на північ від Донецької височини - 30. Найменше (15 днів) відмічається на Південному березі Криму. Існує залежність між числом днів з туманом і висотою місцевості [6].

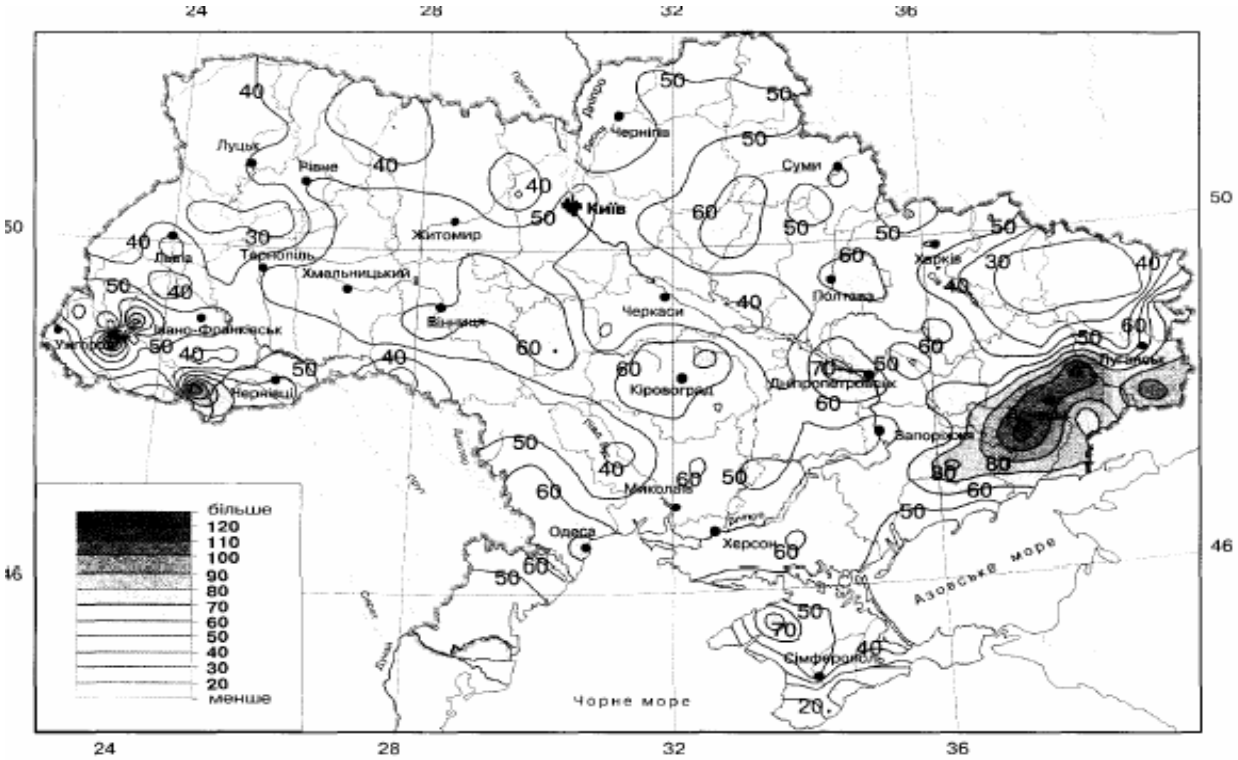

Рисунок 1.1- Середнє число днів з туманами за рік [6].

Вертикальний градієнт числа днів з туманом до висоти 500 м становить 30 днів на кожні 100 м висоти, до 1500 м — 10-15 днів, а вище — він істотно зменшується.

Число днів з туманом в окремі роки може різко відхилятися від середнього значення. У переважній більшості випадків (50-70%) відхилення від середнього значення становить 9 днів, а в 2-3% — понад 30 днів. За

30-річний період спостережень (1961-1990 рр.) в Українських Карпатах (Плай) середнє число днів з туманом становить 237, найбільше (270) було зареєстровано у 1980 р., а найменше (189) — у 1969 р.

На території України у середньому буває 240 днів за рік, коли спостерігається туман принаймні на одній станції.

Повторюваність туману має чіткий річний хід. На більшій частині території максимум туману (80-85%) припадає на зимові місяці (грудень - січень), а в окремих районах — другий максимум у квітні – травні [6]. У високогірних районах Українських Карпат найчастіше туман спостерігається у грудні-січні, на Донецькій і Приазовській височинах — листопаді - березні, Волинській, Подільській і Придніпровській височинах — листопаді -січні. Плавний річний хід туману відмічається у північних та західних районах, де частота його збільшується з жовтня - листопада і досягає максимуму у грудні - січні. Влітку повторюваність туману мінімальна.

Полісся, прибережні території великих водойм та підвітряні схили гір і височин мають аналогічний річний хід. На Південному березі Криму найчастіше туман буває у квітні - травні, листопаді - грудні, найрідше — у серпні, січні та лютому.

Просторовий та часовий розподіл максимального числа днів з туманом аналогічний розподілу середнього числа днів. Максимум числа днів з туманом спостерігається у лютому в гірській місцевості (26 днів у 1961, 1964, 1965 рр.), на височинах (17 днів у 1968, 1974, 1987 рр.), у січні (18 днів у 1966, 1971 рр.) та грудні (19 днів у 1964, 1965 рр.). Максимум числа днів з туманом у Кримських горах спостерігається з вересня до травня становить 22-31 день, на височинах — з жовтня до квітня (12-22 дні) та рівнинах дещо менше.

Туман утворюється у будь-яку годину доби, але найчастіше виникає у нічні та ранкові години, коли посилюється вплив радіаційного фактору .

На рівнині добовий хід туману чітко виражений у теплу пору року і більш згладжений зимою. Особливо це простежується за радіаційного туману. Туман виникає вночі, досягаючи найбільшої інтенсивності вранці під час

зниження температури повітря до мінімальних значень і підвищення відносної вологості повітря до максимальних значень та розсіюється після сходу Сонця.

Адвективний туман, характерний для холодного періоду року, може формуватися протягом доби у будь-яку годину, а тому має більш згладжений добовий хід. За наявності снігового покриву добовий хід туману виражений нечітко [6].

Найбільша сумарна тривалість туману за рік відмічається у тих районах, де туман виникає найчастіше. У Кримських горах та Українських Карпатах середня тривалість туману становить 2000-3000 год., на височинах — 500-600, на рівнинах — 300-400 год. Менше 200 год. тривалість туману буває на північному сході та Закарпатській низовині, а на Південному березі Криму — менше 70 год. за рік.

Найтриваліше тумани спостерігаються в Українських Карпатах у листопаді-грудні (375-438 год.), в Криму -у грудні-січні (281-300 год.), на Придніпровській височині у листопаді-грудні (107-133 год.), Придніпровській низовині - у грудні-січні (97-93 год.).

Кожний район має свої особливості (циркуляційні, орографічні, територіальні тощо) як у розподілі числа днів з туманом, так і в їх тривалості. Середня тривалість туману в день з туманом на всій території становить близько 7 год., як і число днів з туманом, характеризується значною мінливістю— від 5 до 15 год.

Найтриваліше тумани бувають в горах, у середньому за день — від 9 до 15 год. У теплий період року, крім високогірних районів, переважають короткочасні тумани тривалістю до 5 год., а в холодний — від 5 до 9 год.

Тривалість радіаційного туману в день з туманом коливається у межах від 1 год. і менше до 6 год., адвективного — від 4 до 12 год., в окремих випадках — понад добу. Внаслідок адвекції теплого вологого повітря з Чорного моря та радіаційного вихолодження у нічний час на Донецькому кряжі (Дебальцеве) туман з видимістю 100 м і менше зберігався протягом 89,3 год. Тривалість туману залежить у першу чергу від його інтенсивності

(дальність видимості). Туман, за якого мінімальна видимість 100 м і менше, тривалістю 12 год. вважається стихійним явищем, а з видимістю менше 500 м та тривалістю понад 3 год. — небезпечним.

Максимальна повторюваність туману на значній території спостерігається тоді, коли видимість менша або дорівнює 200 м [6] .

Туман з видимістю 50 м та менше відмічається рідко (1-2 випадки за рік), але у приморських районах, наприклад в Одесі, туман з такою видимістю повторюється у 18% внаслідок впливу Чорного моря. У районі Донецька та Дніпропетровська такі тумани спостерігаються у 7-8 %, що пояснюється підніманням по схилу теплого вологого повітря з півдня та опусканням нижньої межі низької хмарності.

Видимість під час туману змінюється протягом всього періоду його наявності і з збільшенням інтенсивності туману збільшується його тривалість, з видимістю у тумані менше 100 м середня тривалість дорівнює 10 год. і максимальна повторюваність припадає на той же інтервал, причому загальна тривалість такого туману може бути понад 24 год.

Туман з мінімальною видимістю 100-200 м продовжується до 4 год., а його максимальна тривалість не перевищує 20 год., тоді як при видимості понад 500 м туман триває у середньому 1-2 год.

На виникнення туману істотно впливає напрям та швидкість вітру. На рівнинній частині максимум повторюваності туману відмічається під час південно-східного вітру (26%), а мінімум припадає на північно-західний (3%).

Незалежно від напряму вітру незначне турбулентне перемішування сприяє утворенню туману, а посилений турбулентний обмін призводить до його розсіювання. Для виникнення туману найсприятливіший вітер, швидкість якого менше 3-4 м/с [6].

1.2 Тривалість туманів

Туман триває до того часу, доки туманоутворювальні чинники переважають над одночасно діючими туманорозсіювальними або перебувають з ними у рівновазі. Найчастіше туман розсіюється внаслідок зміни синоптичного процесу радіаційного нагрівання. Адвективний туман приблизно у 65% випадків піднімається внаслідок зміни циркуляції атмосфери, у 20% — під впливом радіаційного нагрівання. Радіаційний туман у 60% випадків розсіюється внаслідок радіаційного нагрівання, в 30% - змін синоптичного процесу. Всі інтенсивні тумани зазвичай переходять у мряку.

Отже, за повторюваністю та тривалістю туману на території України можна виділити такі райони:

- Українські Карпати і Кримські гори, що характеризуються найбільшою частотою туману: середнє число днів з туманом за рік - 121–230 (Українські Карпати) та - 185 (Кримські гори), середня тривалість у день з туманом - 9-15 год., а сумарна тривалість туману за рік - 1000-3000 год.;

- Донецька, Приазовська, Волинська, Подільська, Придніпровська та відроги Середньоросійської височини, де середнє число днів з туманом за рік коливається від 60-70 до 100 днів, середня тривалість у день з туманом - 7–8 год., а сумарна тривалість — 500-600 год.;

- низовини, де середнє число днів з туманом за рік дорівнює 40-50, середня тривалість у день з туманом - 5-7 год., а сумарна тривалість туману - близько 200 год.;

- узбережжя Чорного та Азовського морів, підвітряні схили гір та височин, де середнє число днів з туманом — 10-20, середня тривалість у день з туманом — 4-5 год., а сумарна тривалість туману за рік - 70 год [6].

1.3 Вплив туману на роботу авіації

Основними факторами, обумовлюючими обмежену видимість, являються надходження в атмосферу і утворення в ній різних домішок. Головною причиною погіршення видимості біля земної поверхні являється конденсація водяної пари. В результаті її утворюються туман і серпанок.

Обмежена видимість (туман) являється одним із основних метеорологічних факторів, які ускладнюють діяльність авіації. При туманах польоти іноді виконувати неможливо. Зліт та посадку літаків та вертольотів, особливо польоти на гранично малих та малих висотах, важко виконувати при обмеженій видимості. Тому тумани займають особливе місце в опису метеорологічних умов польотів авіації, що зумовлено значним їх розповсюдженням і тим, що 80% необхідної пілоту інформації він отримує візуально.

Найбільші труднощі для польотів літаків та вертольотів утворюються в зонах атмосферних фронтів, які частіше всього характеризуються наявністю небезпечних метеорологічних явищ. Тумани спостерігаються повсюди, однак вірогідність попадання в туман в польоті суттєво залежить від широти місцевості, особливостей орографії, сезону року і характеру атмосферних процесів.

В однорідних повітряних масах в деяких випадках також формуються великі зони з поганою видимістю, які сильно ускладнюють зліт, посадку літаків і політ на малих висотах. Тому без попереднього всебічного вивчення метеорологічної обстановки, особливо дальності видимості, не може здійснюватись жоден політ.

Особливо великий вплив тумани мають на посадку літака. Посадка в складних метеорологічних умовах потребує високих льотних навиків і, як правило, пов’язана з значним напруженням екіпажу. Більшість авіаційних катастроф бувають при посадці в умовах поганої видимості.

При польотах на малих висотах пілоти значно частіше зустрічаються з метеорологічними явищами, які не тільки затрудняють керування літаком, а й нерідко виключають можливість виконання задач пілота [1, 5].

В холодну пору року частіше, ніж в теплу, основним метеорологічним фактором, який ускладнює польоти і впливає на їх безпечність, являється обмежена видимість в підхмарному шарі.

Обмежена видимість впливає на виявлення і розпізнання наземних орієнтирів. При польоті на малій висоті їх виявлення залежить від висоти польоту.

При обмеженій видимості дальність виявлення орієнтирів зменшується. Час, потрібний пілоту для розпізнання орієнтирів, зі зменшенням висоти польоту скорочується. При польотах в умовах серпанку, щільність якої переважно більш значима біля земної поверхні, можливості спостереження за наземними орієнтирами з невеликої висоти більш обмежені.

Отже, тумани і густі серпанки негативно впливають на роботу авіації і можуть привести до закриття аеропортів, повороту літаків та вертольотів з маршруту і навіть до авіаційних катастроф [1,5].

1.4 Визначення дальності видимості на мережі метеорологічних станцій та на аеродромах для забезпечення авіації

На мережах метеостанцій дальність видимості визначається по вибраним орієнтирам, відстань до яких раніше відома чи раніше виміряна. Видимість в світлий час доби приймається рівна відстані від спостерігача до самого віддаленого об’єкта (орієнтира), який ще видно, але ще приймається спостерігачем тільки як сірий силует, без деталей. В якості орієнтирів для світлого часу доби вибираються любі об’єкти навколо метеостанції, які мають достатні кутові розміри. Об’єкти по коліру та яркості повинні відмічатися від фону, на який вони проектуються. Для зручного спостереження складається

схема орієнтирів видимості,на яку наноситься положення метеостанції, вибрані орієнтири для оцінки видимості (різні об’єкти) та відстань до них [2, 10, 18].

Для нічних спостережень за видимістю вибирають світові орієнтири (вісім – дев’ять вогників), розташовані на різних відстанях від метеостанції.

Вогники повинні бути відкритими та білого коліру. В якості світових орієнтирів можуть використовуватися вогники посадкових систем, розташованих паралельно ЗПС. В нічний час видимим рахується вогник, спостерігаючи як палаюча точка, а невидимим – вогник, проглядаючи як розмита світла пляма.

При неоднорідній видимості відмічається її найменше значення.

Для забезпечення авіації видимість вимірюється інструментально. Існує декілька методів спостереження за видимістю – метод трансмисометра, метод спостереження та телевізійний.

Метод трансмисометра складається в тому, що вимірюється коефіцієнт послаблення (або прозорості) на базовій лінії відстанню до 150 м між джерелом світла та фотоприймачем; метеорологічна дальність видимість розраховується по формулі. Даний метод використовується в багатьох країнах.

Метод спостерігача складається в наступному; підраховується число вогників або денних маркерів на ЗПС, видимих з міста спостереження навколо ЗПС, після чого це число приймається в дальність видимість на ЗПС.

При телевізійному методі на вогники ЗПС або маркери напрямляють телевізійні камери, встановлені навколо ЗПС. Спостерігач контролює телевізійний приймач на станції спостереження. Регулювання характеристик телевізійної системи дозволяє бачити на телеекрані стільки вогників ЗПС, скільки бачив би спостерігач з місця установки камери.

Порівнюючи результати вимірювання видимості по приладам з даними визначення видимості по орієнтирам (щіткам) показує, що при видимості менше 3 км виміряні значення МДВ часто нижче спостерігаючи на 20-30%

[10]. Приладні вимірювання видимості на ЗПС більш об’єктивні, чім визначення видимості по орієнтирам.

При наявності в аеропорту посадкової системи для вимірювання видимості використовують вогні високої інтенсивності (ВВІ). Вони бувають без розсіювачів та з розсіювачами. Вогні без розсіювачів мають вузький пучок світла з максимальною інтенсивністю в направленні оптичної вісі. Вогні з розсіювачами характеризуються приблизно постійною силою світла в межах кута відхилення від оптичної вісі до 7 $^{\circ}$. ВВІ мають різну ступінь якості. Чим менша видимість, тим більш висока ступінь яркості використовується для вимірювання видимості.

Вогні високої інтенсивності бачити краще, чим звичайні вогні. Дальність видимість ВВІ, визначається зі стартового диспетчерського пункту (СДП), згідно даним спостережень, в 1,5-2 рази менше, чим з вісі ЗПС.

Труднощі визначення дальності видимості ВВІ проходять шляхом по значенням МДВ, отримані за допомогою РДВ. Дальність видимість ВВІ ЗПС розраховується по спеціальних таблицях. При наявності на аеродромі автоматизованих систем вимірювання метеорологічних параметрів розрахунки дальності видимості можуть бути здійснені автоматично (якщо закладена відповідна програма розрахунку).

Прийнятий в нинішній час порядок метеозабезпечення вильотів передбачає, щоб на аеродромах, маючих ВВІ, при видимості 2000 м та менше, крім визначення видимості по приладу, проводився розрахунок дальності видимості ВВІ. Значення дальності видимості ВВІ входить в телеграму про погоду після значення видимості, визначених інструментально або по орієнтирах [10].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТУМАНОУТВОРЕННЯ НА АЕРОДРОМІ ОДЕСА У 2016-2020 рр.

2.1 Короткий кліматичний опис аеродрому Одеса

Міжнародний аеропорт відноситься до групи найбільш крупних аеропортів України і пов'язаний повітряними лініями з багатьма містами України, СНД, а також країнами Західної Європи, Азії і Африки.

Аеропорт обслуговує Південь України, що примикає до Чорного моря, на території якого розташовані найбільші морські порти України – Одеса, Іллічівськ, Миколаїв, Херсон. Річний пасажиропотік аеропорту становить понад 800 тис. пасажирів.

Рисунок 2.1- Злітно-посадкова смуга Одеського аеропорту [15].

Історія Одеського аеропорту почалася в 1960-му році, основні споруди аеропорту, на базі яких функціонував Одеський об'єднаний авіазагін, створений в 1961 році як самостійне підприємство, були побудовані в 1960 – 1961 роках (злітно-посадкова смуга, стернові доріжки, місця стоянок ПС,

авіаційно-технічна база, будівля УВС та ін.). У 1982 році був відкритий вантажний термінал. Сьогодні міжнародний аеропорт в Одесі забезпечує польоти близько 20 повітряних лайнерів вітчизняних і зарубіжних авіакомпаній в 60 країн світу. Міжнародний аеропорт Одеси є одним з найбільших в Україні - його площа 571,14 га.

Аеровокзальний комплекс, сумарна пропускна спроможність якого сьогодні 400 пасажирів на годину, призначений для обслуговування міжнародних і внутрішніх ліній. У квітні 2013 року розпочалося будівництво нового терміналу площею 26 000 м² та проектною пропускною спроможністю 1000 пасажирів на годину. У ході реконструкції планується повністю поміняти покриття злітно-посадкової смуги, замінивши бетонні плити на монолітні, і зробити ЗПС, довжина якої 2800 м, на 500 м довшими. Але це те, що стосується старої смуги, яка залишається у своєму нинішньому вигляді і буде діяти в якості допоміжної. Крім цього, заплановано спорудження нової ЗПС. За кількістю і частоті здійснюваних вильотів аеропорт Одеси займає 2 місце в Україні після міжнародного аеропорту «Бориспіль» в Києві.

Клімат міста формується у результаті взаємодії атмосферних процесів і локальних особливостей самого міста. Відмінності погодних умов міста та заміської території зумовлені властивостями підстильної поверхні та фізичним станом атмосфери (теплофізичні та гідродинамічні контрасти). Чим більша різниця характеристик підстильної поверхні у місті та за його межами, тим сильніше проявляються мікрокліматичні неоднорідності. Найбільші розбіжності кількісних характеристик окремих метеорологічних величин у місті, а також між містом та прилеглою місцевістю спостерігаються за умови антициклональної погоди [7].

Одеса розташована на південно-західній окраїні Причорноморської низовини, що обривається крутим уступом до берегів Чорного моря. Середня висота степового плато становить близько 45 - 50 м [7].

Місто широкою смугою простягнулося уздовж узбережжя Одеської затоки на відстані 50 км від селища Котовського на півночі до селища

Чорноморка на півдні. Площа міста приблизно дорівнює 150 км^2, в адміністративному відношенні воно розділене на сім районів [7].

Відповідно до ландшафтної класифікацією кліматів Л.С. Берга клімат Одеси відноситься до клімату степів, для якого опади характерні переважно влітку, відзначаються відносно тепла зима і спекотне літо. За класифікацією М.І. Будико, заснованої на взаємозв'язку теплового і водного балансів підстильної поверхні, клімат Одеси також віднесений до степовій зоні. За агрокліматологіческому районуванням клімат Одеси віднесений до помірно-теплого з недостатнім зволоженням [7].

Рисунок 2.2 - Схема розміщення метеорологічних станцій в районі Одеси [16]

На формування клімату основний вплив має Чорне море, а саме його найбільш мілководна і опріснення північно-західна частина, в яку впадають Дунай, Дністер, Південний Буг і Дніпро. Тут низька солоність, значна

стійкість шарів води і, на відміну від глибоководних районів, розвиток льодових явищ. Біля узбережжя Одеси температура морської води змінюється від 0,4 ^{0}С в лютому до 20,2 ^{0}С в липні. Поверхнева температура води сильно коливається під впливом сгонно-нагінних явищ, при цьому

Пункт спостереження Одеса АМСЦ розташований на південно – західній окраїні міста Одеси на степовій рівнині, яка має слабкий уклін до Чорного моря та є частиною Причорноморської низовини. Аеропорт оточений з усіх боків лісовими насадженнями. Мінімальне віддалення аеропорту від моря становить 8 км на південь. В 35 км на південний захід знаходиться Дністровський лиман, відокремлений від моря вузькою піщаною смугою. В 35…40 км на захід від аеропорту протікає р. Дністер. В 12 км на північ розташовані Куяльницький та Хаджибейський лимани [7].

2.2 Метеорологічне забезпечення польотів на аеродромі Одеса

Метеорологічне забезпечення польотів повітряних суден (далі – ПС) на аеродромі Одеса здійснює АМСЦ 1 розряду Одеса Державної гідрометеорологічної служби Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій. Аеродром Одеса класу "В", допущений до цілодобової експлуатації по мінімумах встановлених “Керівництвами з виконання польотів” експлуатантів, довжина ШЗПС – 2800 м; розташування МКпос159°

- Злітна – посадкова смуга (ЗПС) орієнтована в напрямку 340…160°. Сектори підходу до ЗПС вільні, природних перешкод для зльоту та посадки немає. Аеропорт Одеса забезпечує цілорічну експлуатацію по метеомінімуму 1-ї категорії ІКАО з двох курсів.

- МКпос339°. Аеродром обладнаний світлосигнальною системою ВВІ "СВІЧА-3".

Границі району аеродрому зазначені в ІВП аеродрому Одеса. Географічні координати контрольної точки аеродрому: 4625,5N 03040,7E; магнітне схилення - 4° , перевищення аеродрому над рівнем моря:

- висота порогу ЗПС із МКпос339° над рівнем моря - 50 м;
- висота порогу ЗПС із МКпос159° над рівнем моря - 52 м.

АМСЦ Одеса здійснює забезпечення метеорологічною інформацією органів обслуговування повітряного руху (далі - ОПР) аеродромної диспетчерської вишки (далі - АДВ): сектор "Рулювання", сектор "Вишка", сектор "Вишка допоміжна"; сектор "ТС-1", сектор "ТС-2" РДЦ, які надають диспетчерське обслуговування підходу; регіонального координаційного центру пошуку та рятування цивільної авіації; органів оперативного керування, виробництвом комунального підприємства "Міжнародний аеропорт Одеса".

Основний пункт спостережень (ОПС) розташований на відстані 160 м від торця ЗПС- МКпос339° і на відстані 3000 м на південь від будинку КДП. Висота нуля барометра - 51 м над рівнем моря. На ОПС проводяться інструментальні спостереження за видимістю, приземним вітром, висотою нижньої межі хмар, температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском з використанням автоматизованої метеорологічної аеродромної станції «АМАС Авіа-1». АМАС забезпечує проведення автоматизованих метеорологічних спостережень, обробку результатів вимірювання, формування зведень, поширення їх каналами зв'язку й відображення в реальному часі інформації про метеорологічні спостереження. АМАС забезпечує можливість ручного внесення даних візуальних спостережень за окремими метеорологічними елементами, які не можна отримати за допомогою автоматизованих засобів - про кількість і форму хмар, а також явища погоди, що спостерігаються на аеродромі.

Інформація про погоду на аеродромі, що підлягає передачі на борт повітряних суден (ПС), доводиться аеродромним метеорологічним органом до органів ОПР за допомогою погодних дисплеїв (ПД) – виносних засобів

відображення метеоінформації. ПД є складовою частиною АМАС, інформація передається автоматично лініями зв'язку з АРМ техніка-метеоролога ОПС.

Допоміжний пункт спостережень (ДПС -1) розташований на відстані 140 м від торця ЗПС-159. На ДПС -1 проводяться спостереження за видимістю, напрямком і швидкістю вітру – дистанційно з ОПС. Додаткові пункти спостережень (ДПС-2, ДПС-3) розташовані в районі БПРМ-159, БПРМ-339 відповідно. На БПРМ встановлені датчики для спостереження за нижньою межею хмар дистанційно з ОПС.

Спостереження за приземним вітром (дійсним) проводиться по приладах МАРК 60.1 (основний), МАРК -60 (резервний), встановлені на відстані 130м від торця ЗПС-339, і на відстані 138 м від торця ЗПС-159, на висоті 10 м. З огляду на однорідність фізико-географічних умов уздовж ЗПС, і отже, однорідність режиму вітру уздовж ЗПС, на аеродромі додаткові датчики вітру не встановлені. Результати спостережень за приземним вітром обробляються автоматизованою станцією «АМАС-Авіа» та передаються на погодний дисплей з оновленням результатів кожну хвилину. Період осереднення для спостережень за вітром складає:

а) 10 хвилин для зведень METAR/SPECI;

б) 2 хвилини для місцевих регулярних і спеціальних зведень, та по запиту.

В місцеві регулярні зведення MET REPORT та спеціальні зведення SPECIAL при формуванні зведення автоматизованою станцією «АМАС – Авіа» спочатку зазначається назва елемента WIND, а потім усередненні значення напрямку й швидкості вітру, а також їхні значні відхилення, якщо такі є, з робочим курсом, потім зазначається значення вітру з протилежного курсу. На ПД відображається поточна інформація про середні значення швидкості та напрямку вітру, значні зміни напрямку вітру з періодом усереднення 2 хвилини, максимальних значень швидкості, що спостерігались в останні 2 хвилини для кожного приладу з зазначенням місця проведення спостережень і одиниць вимірювання. ПД встановлені на робочих місцях:

– чергового синоптика - консультанта;
– диспетчера "Вишка";
– диспетчера "ТС-1.
– оператора ATIS

У групу додаткової інформації включається інформація про фактичний зсув вітру у вигляді: "WS RWY 339" (зсув вітру на ЗПС 339). У тих випадках, коли екіпаж повітряного судна повідомив про наявність зсуву вітру, зазначена інформація надається для розповсюдження на аеродромі без зміни та з зазначенням типу повітряного судна й часу спостереження наявного зсуву вітру. Інформація про фактичний зсув вітру, що спостерігається, автоматично скасовується після закінчення 30 хвилин після його передачі, якщо не надходить нова інформація, що підтверджує наявність зсуву вітру. Попередження про очікуваний зсув вітру передається відкритим текстом у вікні додаткової інформації на ПД для мовлення на ATIS у складі місцевих регулярних та спеціальних зведень.

У даний час випуск куль-пілотів не виконується через відсутність видаткового матеріалу. За відсутності даних кулепілотних спостережень на аеродромі можуть використовуватися дані про вітер, отримані з бортів повітряних суден, а на висоті 500м - прогностичний, котрий надається синоптиком "на прогнозах". Прогностичний вітер коректується кожні три години.

Для забезпечення екіпажів ПС, метеорологічною й аеронавігаційною оперативною інформацією на аеродромі Одеса використовується радіомовні передачі ATIS на частоті 124.8 МГц, що складається з однієї радіомовної передачі для ПС, що прибувають, і тих, що вилітають. Радіомовну передачу ATIS здійснює оператор Одеського РСП Украероруху, передача ведеться на російській й англійській мовах.

2.3 Повторюваність туманів на станції Одеса АМСЦ з 2016 по 2020 рр.

Для дослідження туманоутворення використані дані телеграм METAR [14] за даними спостережень на метеорологічної станції Одеса-аеропорт у період 2016-2020 рр. За весь розглянутий період було зареєстровано 2786 випадків туманів на аеродромі Одеси. Випадок визначався як строк, в якій спостерігалось явище.

Через складні умови утворення просторовий та часовий розподіл туманів характеризується значною мінливістю. Так на станції Одеса АМСЦ найчастіше тумани виникали в холодний період року і рано навесні (табл. 2.1). На узбережжі максимальна повторюваність туманів відзначається у грудні - 12,9 % і у березні місяці - 12,8 %. Варто відзначити також значну повторюваність туманоутворення в травні і жовтні -10,5%, відповідно. У літні місяці кількість туманів в аеропорту Одеса зменшується в три рази і не перевищує 4% в червні і 2-3 % в липні-серпні.

Таблиця 2.1 - Кількість днів (ч.в.\%) з туманами на станції Одеса АМСЦ. 2016-2020 рр.

Рік	Місяць												Всього	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	к.в.	%
2016	5	6	6	8	8	4	2	2	2	3	4	0	50	23,5
2017	0	8	7	4	1	2	1	0	7	3	3	9	45	21,1
2018	6	6	11	3	4	0	0	0	1	1	0	1	33	15,5
2019	6	5	2	6	6	0	0	0	0	11	5	9	50	23,5
2020	5	1	1	0	3	3	1	2	2	4	5	8	35	16,4
Сума	22	26	27	21	22	9	4	4	12	22	17	27	213	100
середнє	4,4	5,2	5,4	7	4,4	1,8	0,8	0,8	2,4	4,4	3,4	5,4		
Р,%	10,5	11,5	12,8	10	10,5	4	2	2	5,7	10,5	7,6	12,9		100

У 2018 і 2019 роках в Одеському аеропорту не відзначено жодного випадку з туманом в липні-серпні. Найбільша кількість туманів спостерігалося в березні 2018 року і жовтні 2019 року - по 11 випадків за місяць.

У порівнянні з даними Кліматичного Кадастру (1961-1990) [8] очевидно, що кількість випадків туманоутворення на метеостанції Одеса-АМСЦ збільшилася в теплий період, з квітня по жовтень, практично в два рази і зменшилася в холодне півріччя. Ймовірно, це обумовлено зміною макроциркуляційних умов, які спостерігаються на тлі глобального потепління, як в цілому в світі так і в даному регіоні.

Рисунок 2.3 - Кількість днів з туманами на станції Одеса АМСЦ. 2016-2020 рр. та за кліматичною нормою

У теплий період року переважають радіаційні тумани з максимумом о 4-6 год та незначним вторинним максимумом 0 18-20 год. Більшість цих туманів розсіюється від 6 до 10 год ранку.

У холодний період року, коли переважають адвективні тумані,їх добовий хід більш згладжений. Ранковий та вечірній максимуми утворення туману зберігаються, а період його розсіювання зміщується взимку на денні години.

Тривалість періоду з туманом залежить від багатьох факторів і насамперед від потужності адвективних процесів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Сумарна тривалість туманів (години) по місяцях

Рік	Місяць												Всього	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	∑	$t_{ср\ год}$
2016	33	23^{30}	16^{30}	38^{30}	14^{28}	2^{10}	0^{20}	3^{52}	7^{19}	23^{45}	1^{33}	0	165^{35}	14^{17}
2017	0	44^{40}	31^{45}	13^{45}	2^{15}	0^{11}	0^{3}	0	11^{50}	12^{43}	13^{45}	15^{42}	147^{05}	12^{25}
2018	19^{40}	23^{20}	64^{10}	18^{18}	13^{44}	0	0	0	2	1	0	1	143^{20}	12^{15}
2019	18^{57}	19^{12}	2^{30}	14^{10}	7^{55}	0	0	0	0	29^{29}	14^{35}	0	107^{20}	9^{31}
2020	10^{30}	0^{30}	0^{24}	0	2^{55}	5^{40}	0	0^{8}	2^{32}	5^{10}	26^{35}	29^{25}	84^{24}	7^{05}
∑	72^{11}	111^{20}	115^{31}	85^{11}	41^{28}	8	0^{23}	4	23^{41}	72^{07}	56^{28}	45^{07}	647^{41}	55^{33}
$t_{ср\ год}$	14^{40}	22^{20}	23^{06}	17^{02}	8^{25}	1^{36}	0^{05}	0^{48}	4^{10}	14^{15}	11^{30}	9	129^{08}	11^{07}

Найтриваліші адвективні тумани, які виникають у холодний період року, а на узбережжі Чорного морю і у теплий період, менш тривалі – радіаційні, проміжне положення займають адвективно-радіаційні та фронтальні тумани. Але в Одесі переважаючим видом туманів є адвективно-радіаційні. Вони спостерігаються в будь-яку пору року.

В одеському аеропорту найбільш тривалі тумани в досліджуваний період формувалися у лютому та у березні - сумарна кількість годин склала 111 [20] і 115 [31] години, відповідно. Мінімальна загальна тривалість туману за останні п'ять років спостерігалася в липні місяці - 23 хвилини. Також простежується динаміка зменшення загальної тривалості туману з 2016 по 2020 роки. У 2016 році сумарна тривалість туману склала 165 годин і 35 хвилин, а в 2020 році - 84 години і 24 хвилини.

За новою Настановою [20] з Метеорологічного Прогнозування інтенсивність туману визначається наступними критеріями: критерій НМЯ I (туман) - видимість ≤ 500м при тривалості ≥ 3 години, критерій СМЯ II (сильний туман) ≤ 100 м при тривалості ≥ 12 годин і критерій СМЯ III - надзвичайний туман (відсутність видимості) (рис. 2.4).

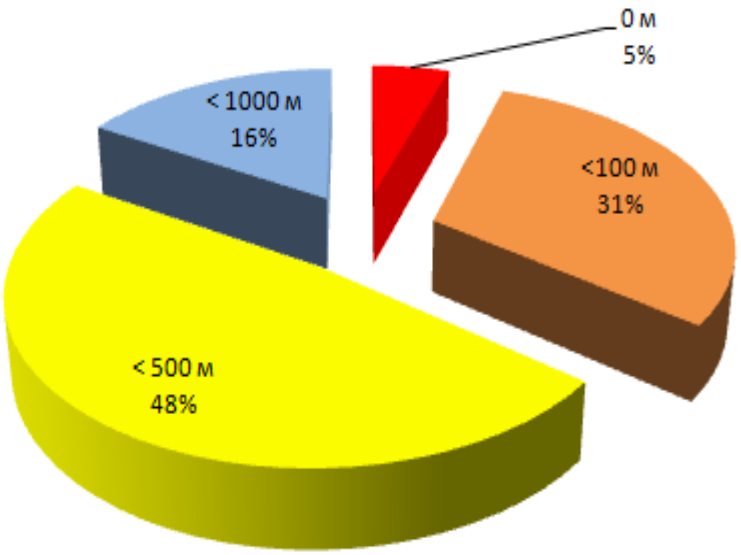

Рисунок 2.4 - Розподіл туманів станції Одеса АМСЦ за інтенсивністю, за критеріями НМЯ та СМЯ.

В аеропорту Одеса спостерігається найбільша повторюваність туманів з горизонтальною дальністю видимості менше 500 м, тобто НМЯ I - 48 %. Також відзначається достатня кількість сильних туманів -31% (СМЯ II), а на випадки з надзвичайним туманом (СМЯ III) припадає 5%. Випадки СМЯ III фіксуються частіше в перехідні сезони при штильової погоді і, як правило, 100% вологості повітря.

2.4 Розподіл вітру та температури при туманах на аеродромі Одеса за 2016–2020 рр.

Важливими характеристиками туманоутворення є температура і вологість повітря, напрям та швидкість вітру. Температура повітря під час цього процесу коливається у межах від -4 до + 4 ^{0}С. Більшість сильних туманів спостерігається за температури повітря близької до 0 ^{0}С. Вологість повітря під час виникнення туману близька або дорівнює насиченню, для радіаційних туманів відносна вологість може бути меншою 90 %.

На станції Одеса АМСЦ середня температура повітря в досліджуваний період при якій формувався туман змінювалася залежно від сезону року. Так взимку вона коливалася в межах від 3 ^{0}С до 4,6 ^{0}С, в весняний період від 3,1 до 12,5 ^{0}С, в літні місяці від 15,5 ^{0}С в червні до максимуму - 19,3 ^{0}С в серпні (рис. 2.5). В осінні місяці діапазон температур варіював від 16,3 ^{0}С у вересні до 6,1 ^{0}С -листопаді. Формування туману при від'ємній температурі відзначено в одному випадку (Т = -1,7^{0}С), це обясняется тим, що в роботі не відбиралися випадки з замерзаючим туманом, при яких дане явище спостерігається при температурі повітря нижче 0^{0}С.

Розподіл середньої відносної вологості на станції Одеса АМСЦ під час туманів у період з 2016 по 2020 роки показує, що туман відзначався з вологістю близькою до 100% в зимовий період. Навесні і восени в районі

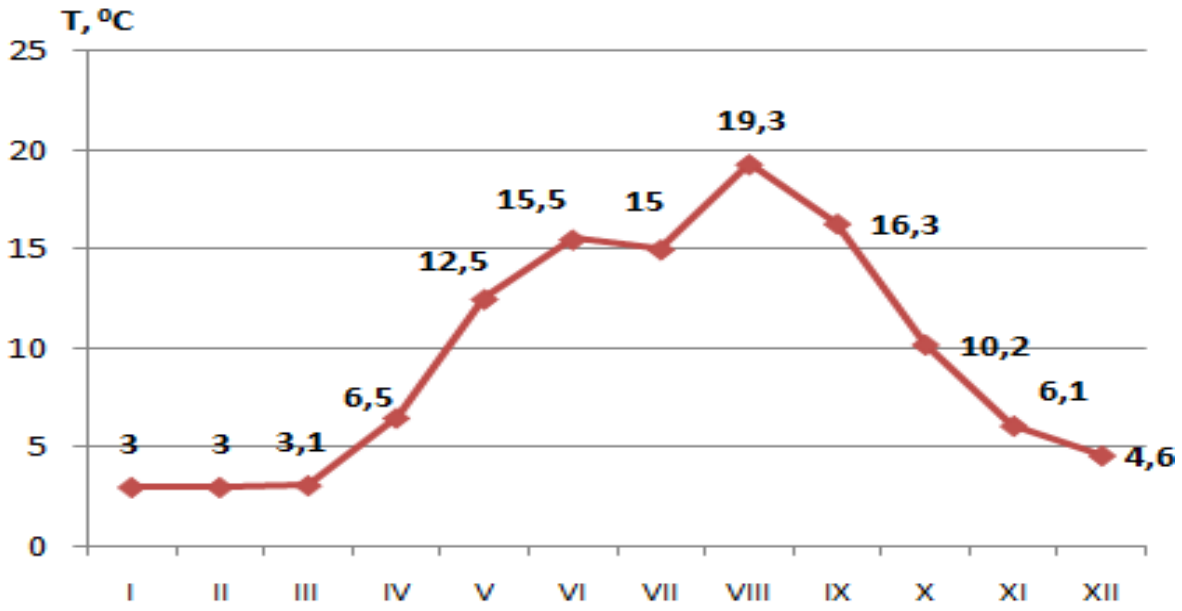

Рисунок 2.5 - Розподіл середньої температури повітря на станції Одеса АМСЦ під час туманів. 2016-2020 рр.

аеропорту Одеса тумани формувалися при вологості в середньому від 95 до 98%. Найменша відносна вологість повітря при якій фіксувалися тумани була в літній період, її значення змінювалися від 91до 93%. Однак, варто зазначити, що в окремих випадках і влітку спостерігалася 100% вологість повітря в дні з туманами (рис. 2.6).

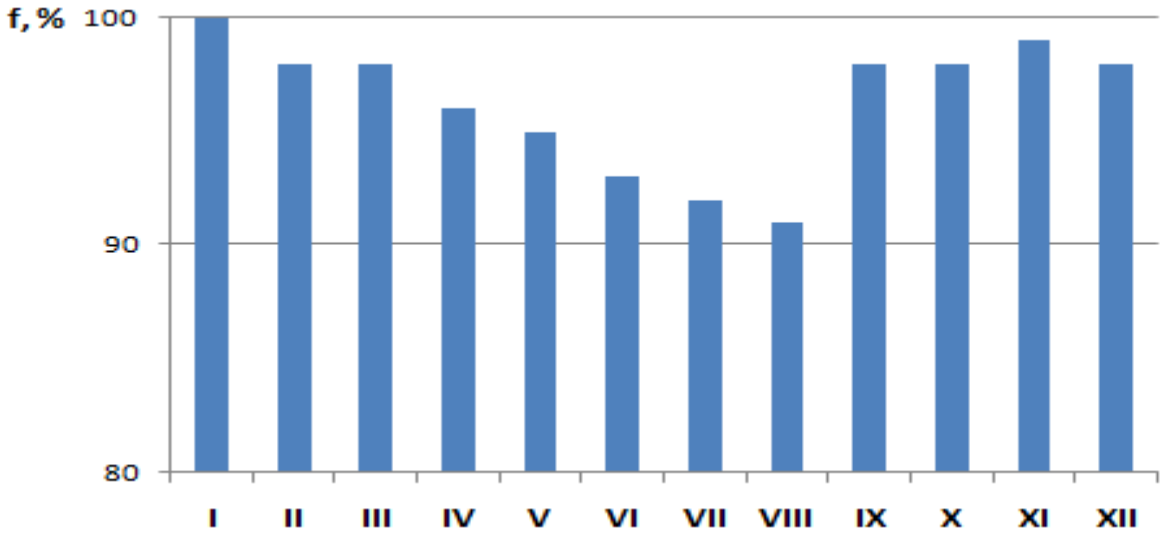

Рисунок 2.6- Розподіл середньої відносної вологості на станції Одеса АМСЦ під час туманів. 2016-2020 рр.

У період туманоутворення в усі сезони найбільшу повторюваність на станції Одеса АМСЦ має вітер південного та південно-східного напрямку, найменшу – західного та північно-західного.

У зимовий період повторюваність вітру південного напрямку становить 29,7 %, при північному, північно-східному і східному вітрі туман утворювався в 11,9 % випадків. При безвітряної погоди кількість туманів відмічених в аеропорту - 18,1 % (рис.2.7).

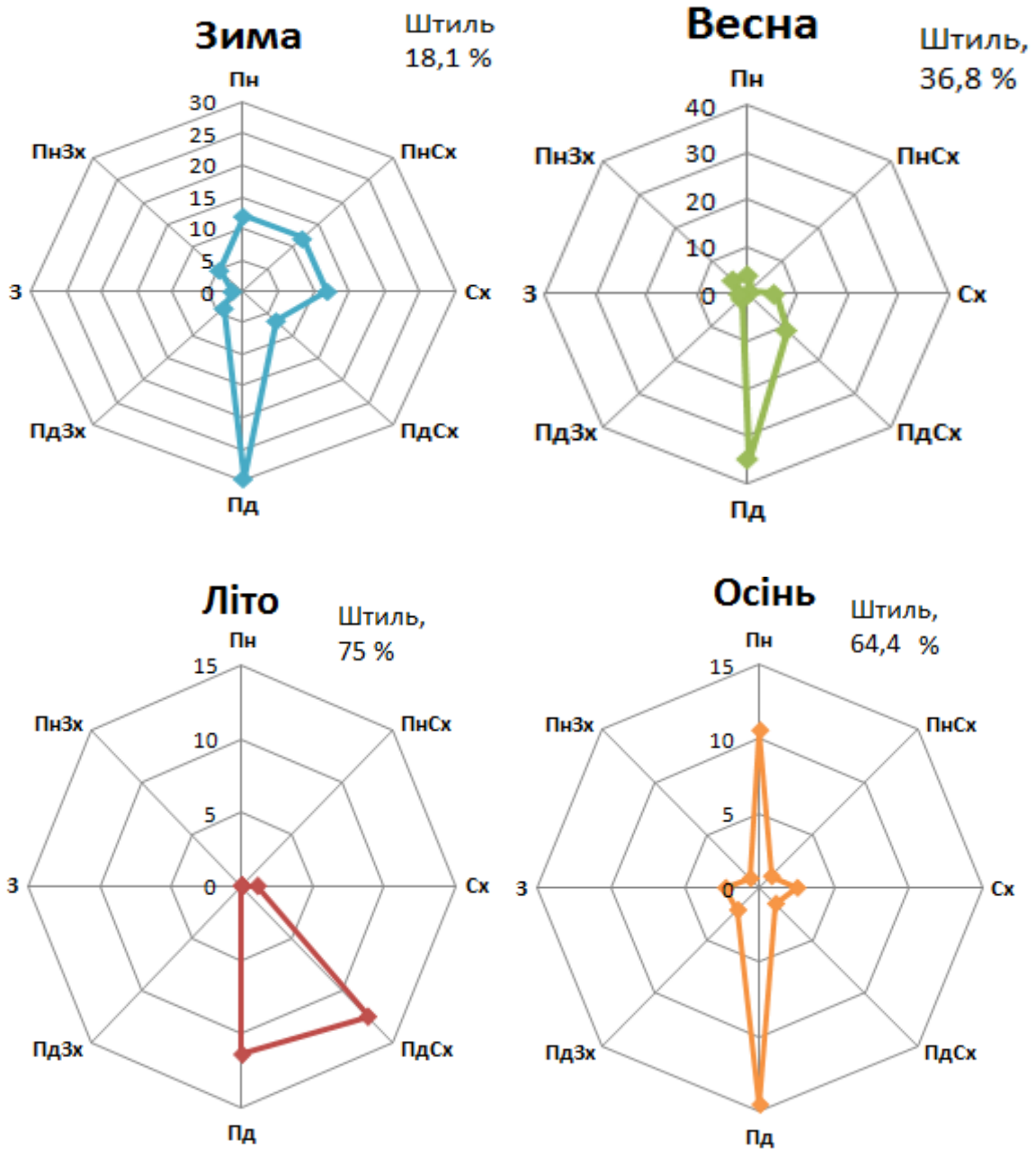

Рисунок 2.7 - Переважаючі напрямки вітру по сезонах під час туманів на станції Одеса АМСЦ. 2016-2020 рр.

Навесні, також переважаючим напрямком вітру в дні з туманом є південний напрямок - 35,1 %, повторюваність південно-східного румба не перевищує 11 %. Варто зазначити, що у весняний період кількість штилів, при яких спостерігався туман, збільшується в два рази і досягає 36,8 %.

У літні місяці тумани формувалися тільки при трьох різних напрямках приземного вітру, а саме: південному - 11,4 %, південно-східному - 12,5 % та східному - 1,1 %. Однак, влітку відзначається найбільша повторюваність штилів в період туманоутворення – 75 %.

Восени, так само, домінуючим напрямком вітру є південний вітер - 14,6 %, але варто відзначити, що туман спостерігався і при північному вітрі в 10,6 % випадків. Повторюваність штильових ситуацій в осінній період теж досить висока - 64,4 % (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Переважаючі напрямки вітру під час туманів на станції Одеса АМСЦ. 2016-2020 рр.

	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	З	ПнЗх	штиль
Зима	11,9	11,8	11,9	6,6	29,7	3,8	1,5	4,7	18,1
Весна	4	0,6	5,3	10,9	35,1	1,6	1,6	4,1	36,8
Літо	0	0	1,1	12,5	11,4	0	0	0	75
Осінь	10,6	1,1	2,5	1,5	14,6	2,1	2,3	0,9	64,4

Швидкість приземного вітру в аеропорту Одеса в дні з туманами змінювалася в межах від 0 до 10 м/с (табл. 2.4). Найсприятливішим для адвективного туману є вітер зі швидкістю 3-4 м/с, радіаційного -1-2 м/с.

Швидкості вітру в градації 1-2 м/с переважають в усі сезони року, їх повторюваність варіює від 22,7 до 35,1 %, влітку і навесні, відповідно. Градація 3-5 м/с найчастіше відзначається в зимовий період 36,6 % і найменше в літні місяці - 2,3 % (рис.2.8).

Таблиця 2.4 – Повторюваність швидкості приземного вітру за градаціями на станції Одеса АМСЦ під час туманів

V, м/с	0	1...2	3...5	6...10
Зима	18,1	31,9	36,6	13,4
Весна	36,8	35,1	21,1	7
Літо	75	22,7	2,3	0
Осінь	64,4	22,7	12,7	0,2

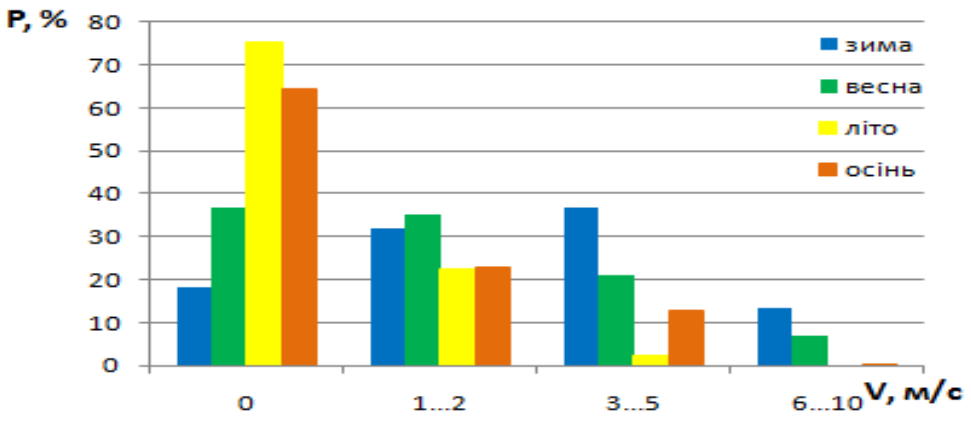

Рисунок 2.8 - Повторюваність (%) швидкості вітру по градаціях в дні з туманом

Вітер великої швидкості сприяє розсіюванню туману, тому на градацію швидкості вітру від 6 до 10 м/с припадає невелика кількість повторюваності днів з туманом. Максимальне значення відмічено взимку - 13,4 %, влітку при даній швидкості вітру не зафіксовано жодного випадку виникнення туманів. Восени цей показник також мінімальний і становить 0,2 %. Формування туманів при швидкості вітру вище 10 м/с в досліджуваний період на станції Одеса АМСЦ не відзначалося.

Отже, на станції Одеса аеропорт в більшості випадків в період з 2016 по 2020 рр. тумани формувалися при південному напрямку вітру, швидкість якого не перевищувала 5 м/с. Влітку частіше виникали радіаційні тумани, а в холодний період, у зв’язку з високою температурою грунту та значним випаровуванням переважають адвективно-радіаційні.

3 СИНОПТИЧНІ УМОВИ УТВОРЕНННЯ ТУМАНУ НА СТАНЦІЇ ОДЕСА АМСЦ

3.1 Характеристика баричного поля, що сприяє виникненню туманів

В залежності від синоптичних умов формування виділяють два типи туманів: внутрішньомасові і фронтальні.

Радіаційні тумани над територією Одеської області найчастіше формуються в антициклонах і розмитих баричних полях, іноді, переважно влітку, у малоградієнтному полі пониженого тиску. В більшості випадків туман виникає при малохмарній погоді та швидкості вітру біля поверхні землі до 2…3 м $с^{-1}$. При повному штилі перенос вологи обумовлюється тільки молекулярними процесами, і хоча на поверхню ґрунту може випасти роса, туман не виникає через відсутність перемішування. Чим ближче повітря до стану насичення, тобто, чим менший дефіцит точки роси у вечірні години і відносна вологість більше 60%, тим більш сприятливі умови для виникнення туману. Чим більші точка роси і її зниження протягом ночі, тим густіший повинен бути радіаційний туман. Чим нижча температура повітря і менша швидкість вітру, тим більше повинно бути зниження точки роси в умовах радіаційного охолодження. Інверсійний розподіл температури при малому дефіциті точки роси у шарі 50…300 м від поверхні землі сприятливий для виникнення радіаційного туману. Радіаційний туман, як правило, утворюється ввечері або вночі і розсіюється через деякий час після сходу сонця, приблизно через дві години над ґрунтом і через 2…4 години над сніговим покривом. Стан поверхні ґрунту (її вологість) грає суттєву роль у виникненні туману. Виникненню туману сприяє також ввігнутий рельєф місцевості (долина, улоговина), куди вночі стікає повітря з більш високих місць, застоюється і додатково охолоджується.

Адвективні тумани найчастіше спостерігаються в циклонах та улоговинах, а також на західній периферії антициклонів. Вони пов'язані з малорухомими баричними утвореннями при наявності стійкої адвекції тепла і вологи на охолоджену підстильну поверхню. Більшість адвективних туманів формується або посилюється пізно увечері і розсіюється або слабшає вранці. Формування туману за рахунок чисто адвективного фактору над суходолом спостерігається рідко, як правило, адвективна причина доповнюється радіаційним фактором.

Адвективно-радіаційний туман формується над охолодженим суходолом переважно в холодний період року, вночі, при слабкій адвекції теплого повітря. Швидкість вітру в приземному шарі повітря складає 1…2, рідко 3…4 м $с^{-1}$. Додаткова конденсація водяної пари виникає за рахунок радіаційного охолодження теплого повітря в приземному шарі, чому сприяє повне прояснення навіть на короткий проміжок часу або хмарність незначної густини і товщини.

Фронтальний туман виникає:

1. Попереду малорухомого теплого фронту або фронту оклюзії за типом теплого, в холодному повітрі при наявності приземної або піднесеної інверсії за рахунок випаровування більш теплих краплин дощу чи мряки.

2. В зоні фронтів, особливо малорухомих, при опусканні низьких хмар, внаслідок випаровування краплин дощу або над зволоженою дощем поверхнею ґрунту при слабкому турбулентному обміні під шаром хмар.

3. За холодним фронтом взимку, якщо в клині холодного повітря випадає дощ або відбувається випаровування з більш вологого теплого ґрунту.

4. При зміщенні вологої теплої або холодної маси з великими контрастами температур, що сприяє утворенню туману, як в зоні фронту, так і за фронтом вздовж узбережжя морів, льодовиків, межі снігового покриву і т.п.

Тумани усіх видів спостерігаються, як правило, при стійкій стратифікації в граничному шарі атмосфери і наявності над ними піднесеної інверсії температури, яка затримує тепло і вологообмін з вище-розташованими шарами. Для радіаційного і адвективного туманів характерна квазістаціонарність баричного поля [9].

За допомогою бази даних Wetterzentrale [32], щодо виявлення основних типів синоптичних процесів, яки у більшості випадків обумовлюють виникнення туманів в районі Одесі, здійснений аналіз щоденних приземних карт и карт баричної топографії за період з січня 2016 по грудень 2020 років в строк спостереження 00 UTC.

Для аналізу структури синоптичних умов які приводять до погіршення видимості на ст. Одеса-АМСЦ використовувалась типізація синоптичних процесів, яка розроблена на кафедри метеорології та кліматології [3, 12].

Тип1.Периферійніатмосферні процеси, до яких відносяться переноси всіх напрямків: підтип1.1 - західний і північно-західний, підтип 1.2- південний, підтип 1.3 - східний і підтип1.4- північний перенос.

Тип 2. Циклонічна циркуляція. До цього типу належать області зниженого тиску,які розташовуються над Україною (підтипи 2.1 і 2.2).

Тип 3. Антициклонічна циркуляція. Цей тип (підтипи 3.1, 3.2, 3.3) являє собою антициклони, які орієнтовані із заходу і сходу, а також мало градієнтні поля підвищеного тиску.

Тип 4. Малоградієнтні баричні поля (підтипи 4.1 і 4.2).

Тип 5. Периферійні атмосферні процеси, пов'язані з проходженням атмосферних фронтів (підтипи 5.1, 5.2).

Тип 6. Циклонічні циркуляції з великими баричними градієнтами ($\partial P/\partial n \geq 2{,}5$гПа/111км). Цей тип поділяється на чотири підтипи.

За даними архівної вибірки розрахована повторюваність типів синоптичних процесів, які були розглянуті вище для усіх місяців сезонів та повторювальність числа випадків видимості різних градацій (рис.3.1).

Рисунок 3.1- Повторюваність (%) підтипів синоптичних процесів, яки обумовлюють виникнення туманів на ст. Одеса АМСЦ. 2016-2020 рр.

Максимальна повторюваність випадків погіршення видимості (16,6 %), спостерігалася при південному переносі (підтип 1.2), якій відзначається в передній частині циклону і на західній периферії антициклону.

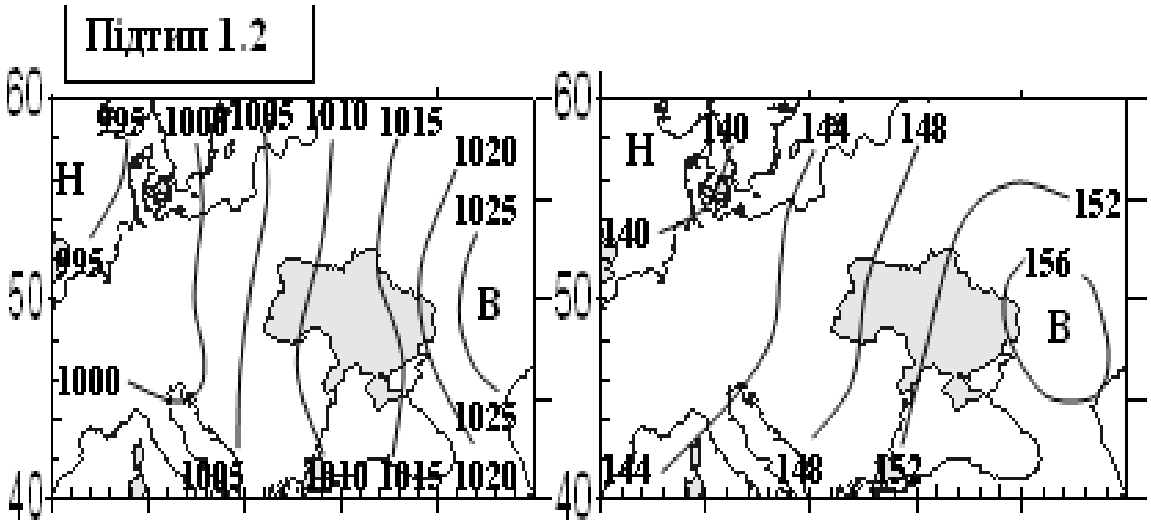

Рисунок 3.2- Підтип 1.2. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б). [3]

Зазвичай при такій синоптичної ситуації над північним узбережжям Чорного моря розташовується малоградієнтне поле тиску, яке утворюється внаслідок блокування циклону, що переміщається з Норвезького і

Баренцевого морів, Сибірським антициклоном (рис. 3.2). В основному, при такому синоптичному процесі формуються тумани з горизонтальною дальністю видимості від 500 до 1000 м.

На баричні поля підвищеного тиску (рис. 3.3), де значення баричних градієнтів (∂P/∂n)коливаються 0,7 до1,5 гПа/111 км, доводилося значна кількість повторюваності туманів - 11,1 % на підтип 3.3 (центральна частина антициклону), та – 12,2 % на підтип 4.1 (малоградієнтне поле підвищеного тиску (рис. 3.4).

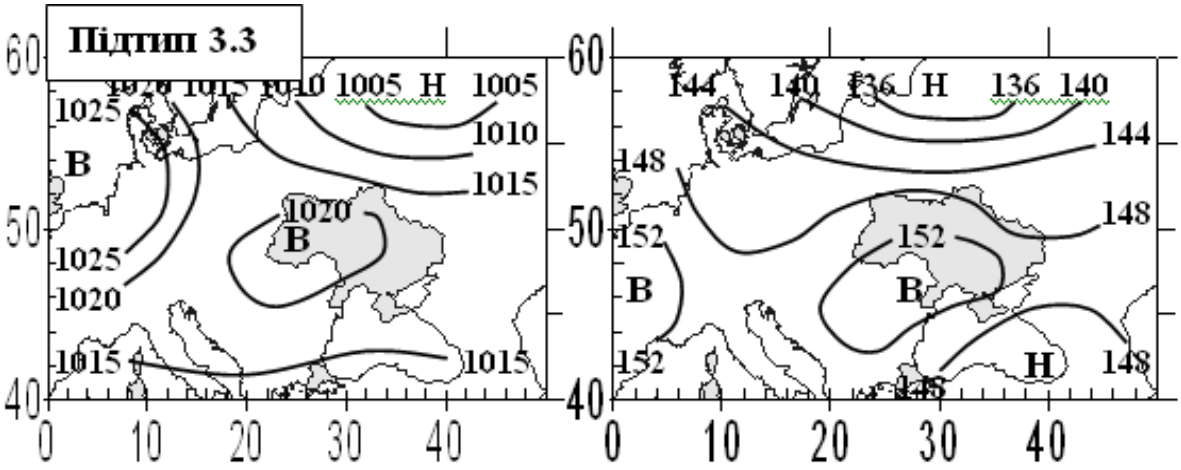

Рисунок 3.3 - Підтип 3.3. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б). [3]

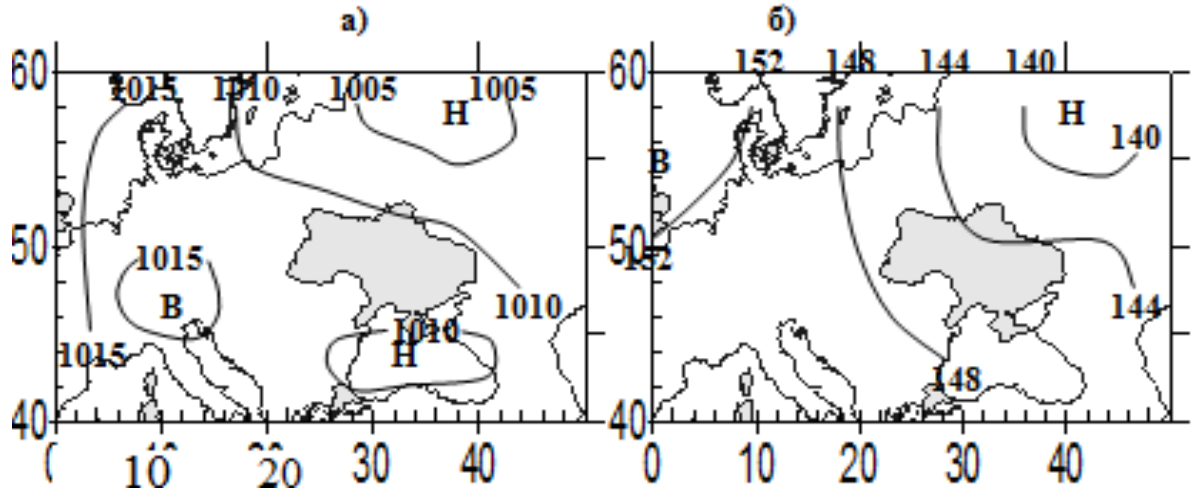

Рисунок 3.4 - Підтип 4.1. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б). [3]

Також в аеропорту Одеса відмічались фронтальні тумані, які формуються при периферійних атмосферних процесах, пов'язаних з проходженням атмосферних фронтів – підтип 5.1 – 5,5 % (рис. 3.5).

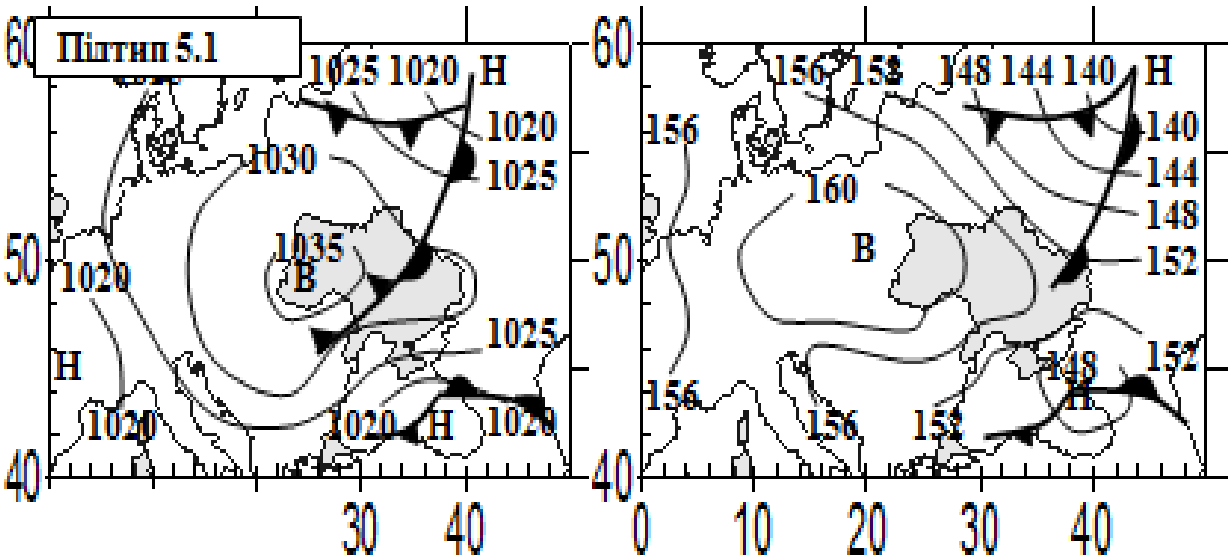

Рисунок 3.5 - Підтип 5.1. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б). [3]

Найчастіше при такій синоптичної ситуації горизонтальна видимість в тумані змінювалася від 500 до 1000 м.

У циклонічних полях тумани відмічалися при підтипі 2.1 (рис. 3.6) - центр циклону і улоговина з південної та східної складовими, які пов'язані з виходом південних циклонів, а також видолинки, орієнтовані з півночі і північного заходу від циклонів, які утворилися над районами Північної Атлантики (9,5 %).

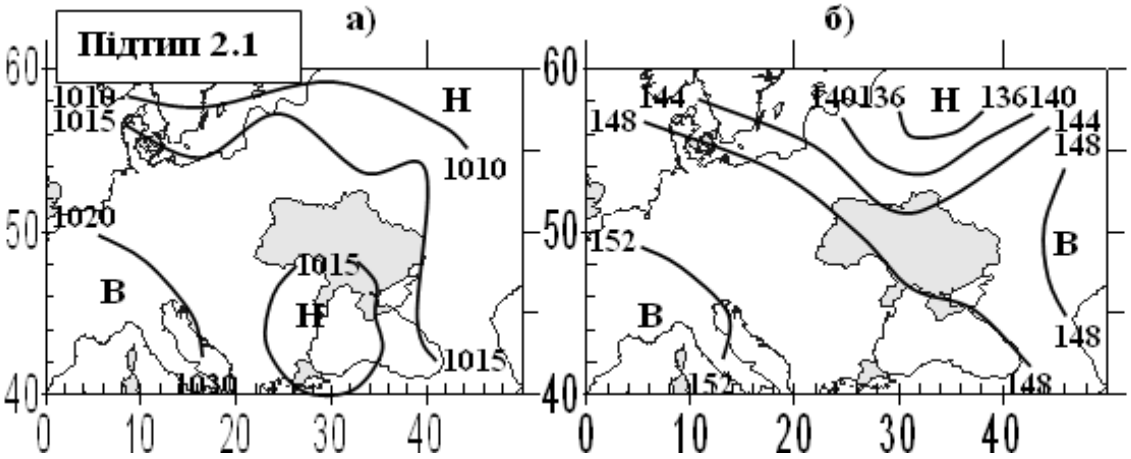

Рисунок 3.6 - Підтип 2.1. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б).[3]

При циклонічної циркуляції з великими баричними градієнтами ($\partial P / \partial n \geq 2{,}5$ гПа/111 км) формувалось 20,8 % випадків з туманом. Найбільша

кількість при цьому припадала на підтип 6.3- улоговина з фронтами – 10,4 % (рис. 3.7) та підтип 6.4 - південний циклон, який, здебільшого, здійснює південне перенесення повітряної маси – 9,3 % (рис.3.8).

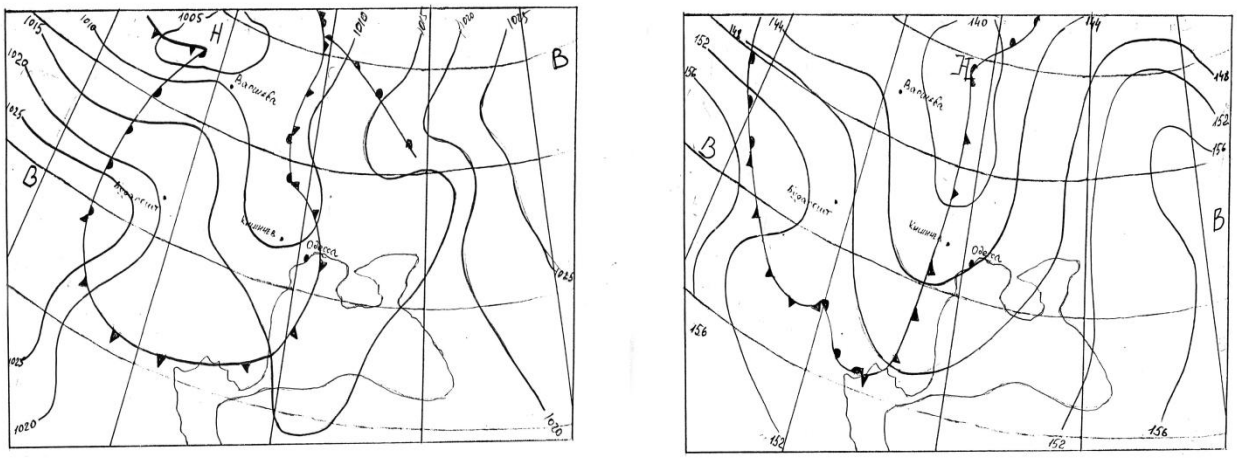

Рисунок 3.7- Підтип 6.3. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б). [3]

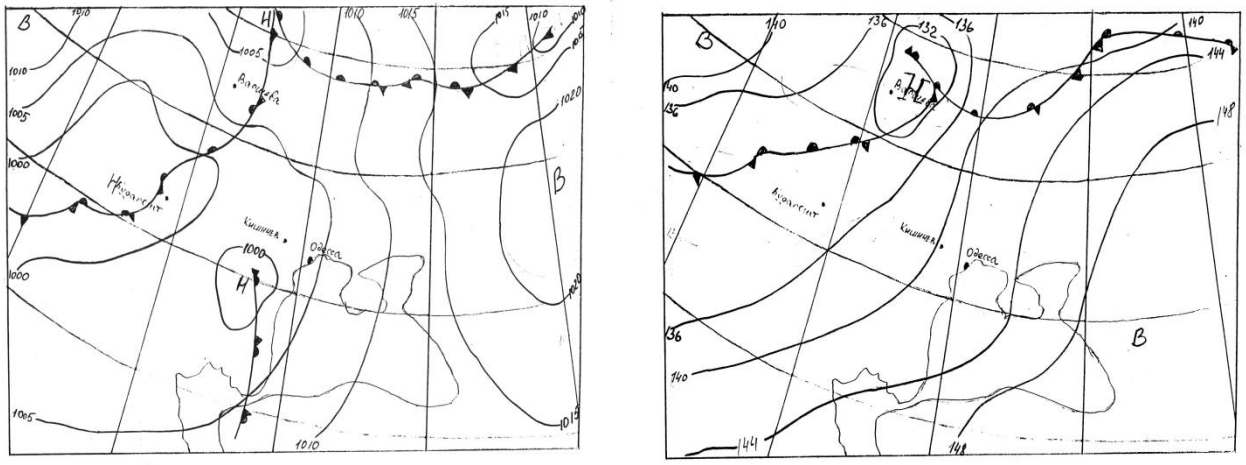

Рисунок 3.8 - Підтип 6.4. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б).[3]

При периферичних процесах з західної, північної та східної складовими, а також при переміщенні активних циклонів в період з 2016 по 2020 роки в районі Одеського аеропорту тумани не відзначалися.

Отже, за період 2016-2020 рр. на станції Одеса АМСЦ тумани формувалися при периферійних процесах з південної складової (16,6%), у малоградієнтних полях підвищеного тиску (12,2%), у циклонах (10,4%) і баричних улоговинах (9,3%).

3.2 Аналіз метеорологічних та синоптичних умов 7-8 березня 2018 р.

Розглянемо епізод формування тривалого туману різної інтенсивності в районі Одеси 7-8 березня 2018 року. Перше спостереження відзначено 7 березня в 12.00 за місцевим часом. Туман сформувався попереду малорухомого теплого фронту при слабкому північно-західному вітрі 1-2 м\с, видимість змінювалася у межах 100-200 м (рис.3.9).

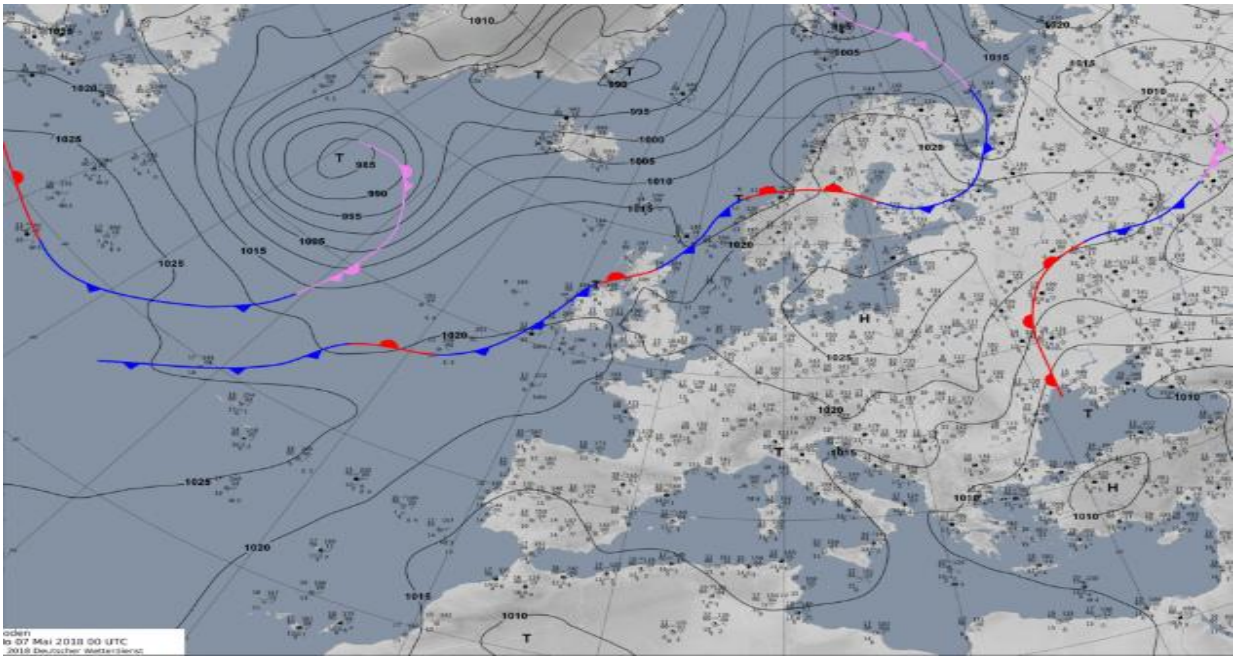

Рисунок 3.9 - Приземна карта 07.03.2018 р. 00.00 UTC [17]

8 березня туман спостерігався протягом усієї доби, що було обумовлено впливом північній периферії циклону на райони Північно-Західного Причорномор'я (рис.3.10). Це відповідає підтипу 2.1 за класифікацією [3]. Видимість в тумані варіювала від 100 до 700 м, швидкість приземного вітру становила 1-5 м\с, також у деякі терміни спостереження відзначався штиль.

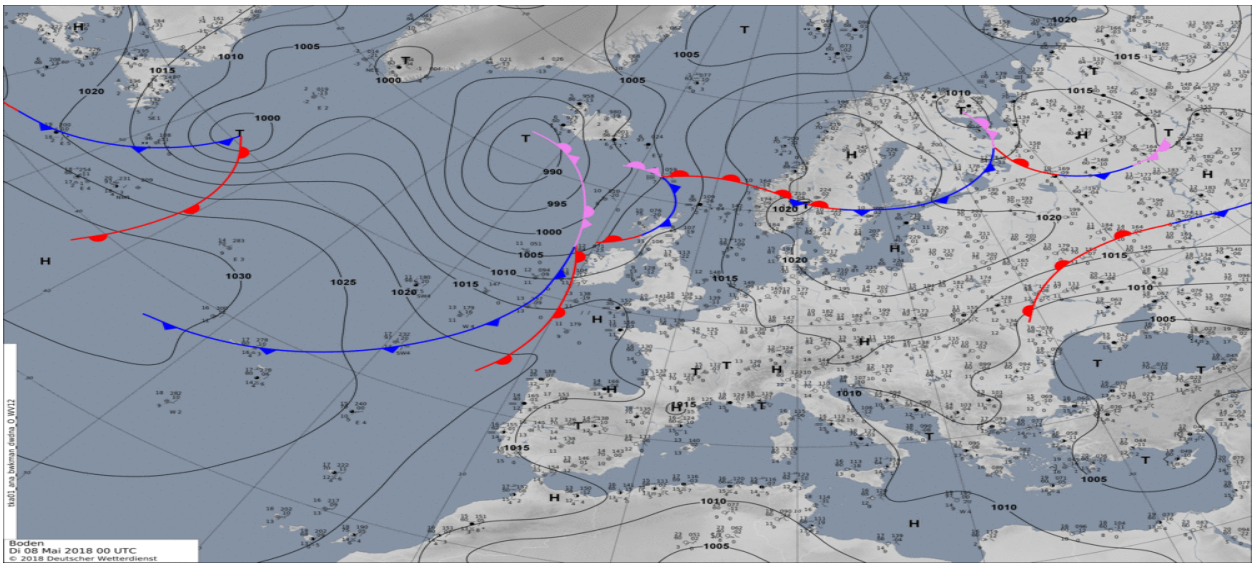

Рисунок 3.10 - Приземна карта 08.03.2018 р. 00.00 UTC [17]

Адвекція теплих повітряних мас з Центральної Азії призвела до формування стійкого потоку з потужним інверсійним приземним шаром, що є сприятливою умовою для утворення туману (рис.3.11).

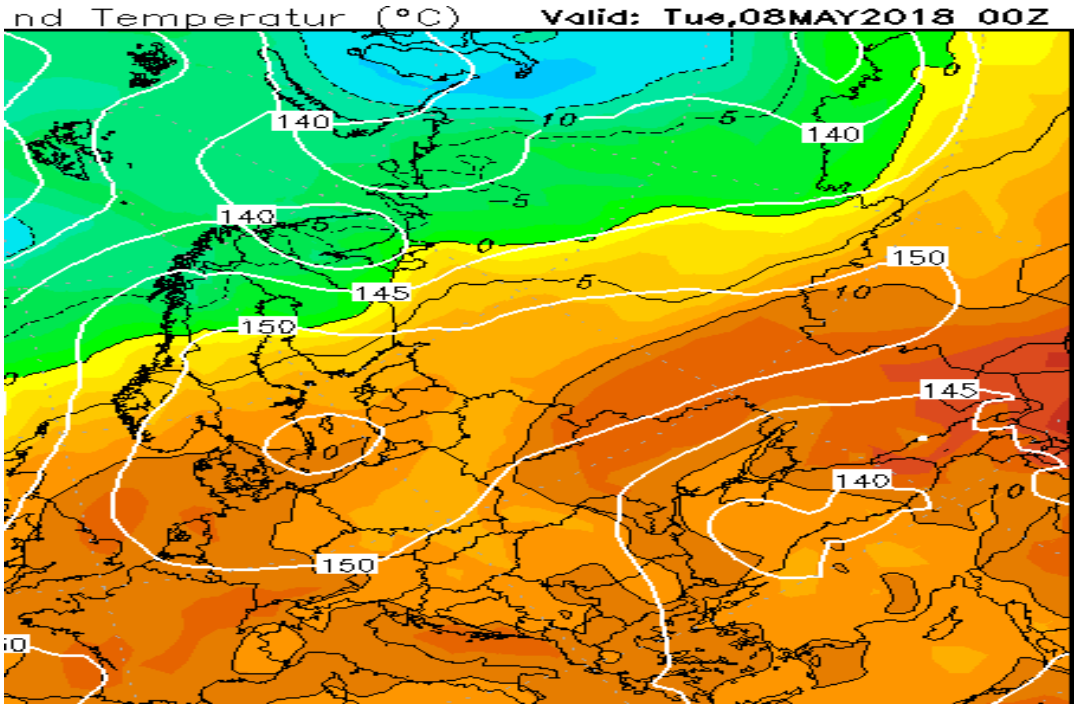

Рисунок 3.11 - Карта АТ-850. 08.03.2018 р. 00.00 UTC [17]

За даними аерологічної діаграми відзначалася потужна приземна інверсія − 347 м, з інтенсивністю 4,4 ^{0}C і дефіцитом точки роси − 1 ^{0}C (рис.3.12). Інверсійний розподіл температури при малому дефіциті точки роси у шарі 50…300 м від поверхні землі сприятливий для виникнення радіаційного туману.

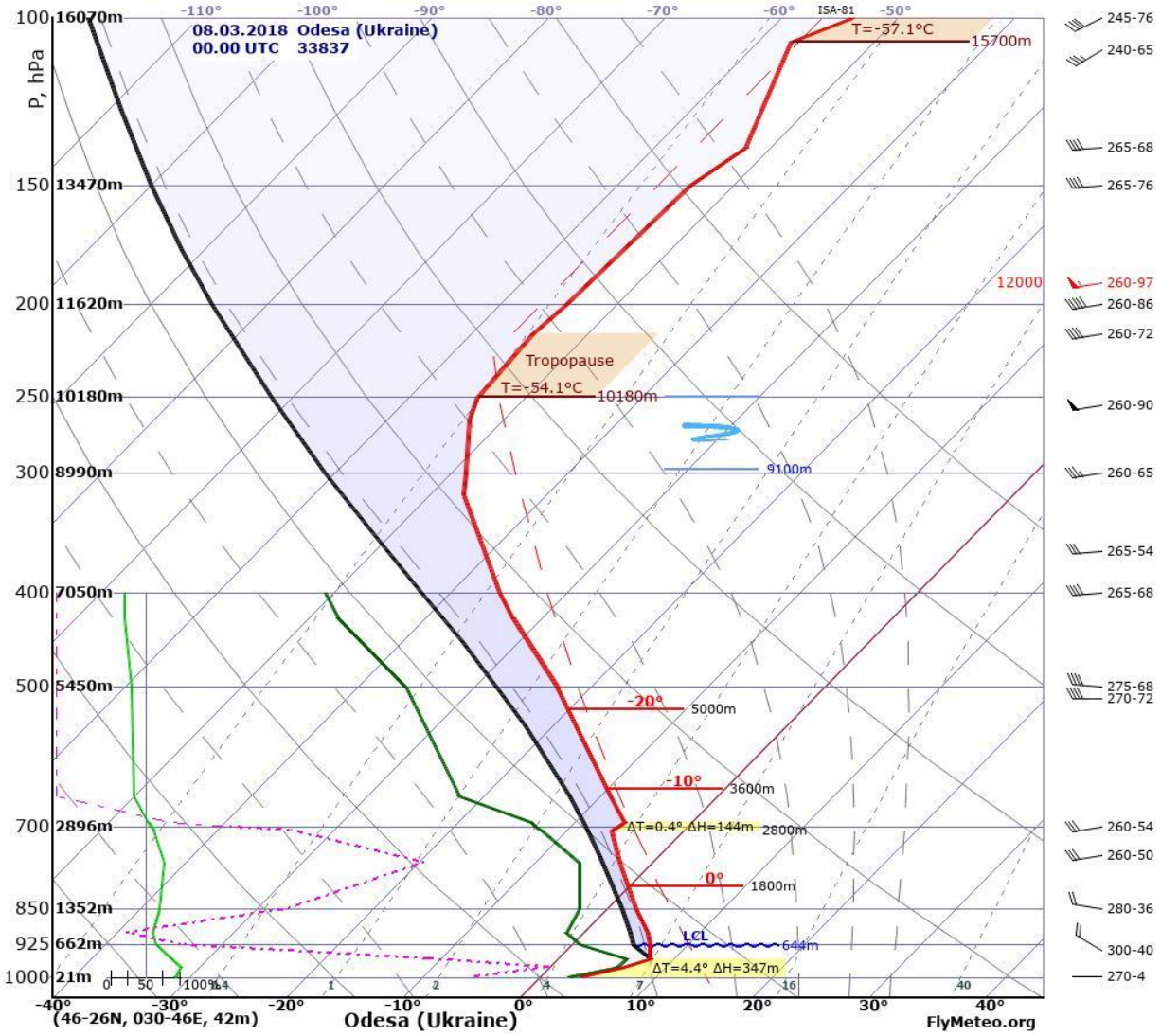

Рисунок 3.12 - Аерологічна діаграма. 08.03.2018 р. 00.00 UTC [19]

Отже, в період з 7 по 8 березня 2018 року в районі метеостанції Одеса АМСЦ сформувалися сприятливі синоптичні і метеорологічні умови для утворення тривалого адвективно-радіаційного туману, з погіршенням горизонтальної дальності видимості до критеріїв СМЯ II − ≤ 100 м при тривалості ≥ 12 годин.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи отримані наступні результати:

1. Встановлено, на станції Одеса АМСЦ у період з 2016 по 2020 роки найчастіше тумани виникали в холодний період року і рано навесні: у грудні-12,9% у березні місяці - 12,8%. У літні місяці кількість туманів в аеропорту Одеса зменшується в три рази і не перевищує 4% в червні і 2-3 % в липні-серпні.

2. Отримано, що у порівнянні з даними Кадастру (1961-1990) кількість випадків туманоутворення на метеостанції Одеса-АМСЦ збільшилася в теплий період, з квітня по жовтень, практично в два рази і зменшилася в холодне півріччя.

3. Визначено, що найбільш тривалі тумани в досліджуваний період формувалися у лютому та у березні - сумарна кількість годин склала 111 [20] і 115 [31] години, відповідно. Але простежується динаміка зменшення загальної тривалості туману з 2016 по 2020 рр.

4. В аеропорту Одеса найбільша повторюваність туманів з горизонтальною дальністю видимості менше 500 м, спостерігається (НМЯ I) у 48 % випадків, СМЯ II -31% , а на випадки з надзвичайним туманом (СМЯ III) припадає 5%.

5. Виявлено, що в більшості випадків тумани формувалися при південному напрямку вітру, швидкість якого не перевищувала 5 м/с. Влітку частіше виникали радіаційні тумани, а в холодний період, у зв’язку з високою температурою грунту та значним випаровуванням переважають адвективно-радіаційні.

6. За період 2016-2020 рр. на станції Одеса АМСЦ тумани формувалися при периферійних процесах з південної складової (16,6%), у малоградієнтних полях підвищеного тиску (12,2%), у циклонах (10,4%) і баричних улоговинах (9,3%).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богаткин О. Г. Анализ и прогноз погоды для авиации / О. Г. Богаткин, В. Д. Еникеева. Ленинград: Гидрометиздат, 1985. 232 с.

2. Бочарников Н.В., Гусев С.О., Никишков П.Я., Метеорологические измерения на аеродромах. СПб.: Гидрометеоиздат, 2008. 428 с.

3. Ивус Г. П., Агайар Э.В. Фізико-статистичний аналіз і прогноз слабкого вітру та інверсій температури над територією Північно-Західного Причорномор'я. Одеса: ТЕС, 2018. 201 с.

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

5. Івус Г. П., Семергей-Чумаченко А.Б.Агйар Е.В. Авіаційні прогнози погоди: навчальний посібник. Одеса: 2020. 136 с.

6. Клімат України. Під ред. Ліпінського В.М. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.

7. Климат Одессы. За ред. Л.К. Смекаловой и Ц.А. Швер. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. 174 с.

8. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.)/ Державна гідрометеорологічна служба та ін. УНДГМІ – ЦГО, Київ, 2006. [Електронний ресурс].

9. Практикум з синоптичної метеорології / За ред. Г.П. Івус, С.М. Іванової. Одеса: Екологі,. 2004. 419 с.

10. Правила метеорологічного забезпечення авіації. Київ: 2015.

11. Chaabani H., WerghiN.,KamounF., Taha B., OutayF., Yasar A. Estimating meteorological visibility range under foggy weather conditions: A deep learning approach.Procedia Computer Science. Vol. 141. 2018. PP.478-483 https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.139

12. Ivus GP, Ahayar EV, Hurska LM, Semerhey-Chumachenko AB, Zubkovych SO. Komparativne karakteristike mikrocirkulacijskih procesa sjeverozapadne oblasti Crnomorske regije koje doprinose pojačanju prizemnog

vjetra (The comparative characteristic of macrocirculation processes of the Northwest Black Sea region, which contribute to surface wind strengthening) // Hrvatski meteorološki časopis (Croatian Meteorological Journal), 52, 2018, P. 3-11.

13. Stolaki S.N., S. A. Kazadzis, D. V. Foris, and Th. S. Karacostas Fog characteristics at the airport of Thessaloniki, Greece. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1541–1549, 2009.

14. URL: http://rp5.ua/ Архив_погоды_в_Одесской области

15. URL:.https://airports-online.ru/ukraine/odessa-international.html (дата звернення 10.02.2021 р.).

16. URL:.http://avia.meteonovosti.ru/index.php?index=1&icao=UKOO&iso_cntr=UA(дата звернення 15.02.2021 р.).

17. URL:.https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?uur=0000&var (дата звернення 20.04.2021 р.).

18. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE27709.html (дата звернення 15.02.2021 р.).

19. URL:.https://flymeteo.org/sounding/arhiv_one_time.php (дата звернення 05.05.2021 р.).

20. Настанова з метеорологічного прогнозування. Український гідрометеорологічний центр. Київ: 2019, 35 с.URL:https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/настанова%20з%20метеорологічного%20прогнозування.pdf