

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської
підготовки
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Вплив низької хмарності на польоти в районі Одеси

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-6 з/ф
спеціальності 8.04010501 Метеорологія
Тарасенко Кіра Валеріївна

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

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

Одеса 2017

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Івус Г.П.
“ _____ ” _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тарасенко Кірі Валеріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив низької хмарності на польоти в районі Одеси

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 16 січня 2017 р. № 3 С

2. Строк подання студентом роботи 1 червня 2017 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Архів погоди на АМСЦ Одеса з 2013 по 2016 рр. 2. Комплект синоптичних карт з 16 по 18 січня 2016 р.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою дослідження. 2. Характеристика режиму та метеорологічних умов виникнення низької хмарності над Одесою у 2013-2016 рр. 3. Аналіз синоптичних умов 16-18 січня 2016 р. 4. Розробка методу прогнозу хмарності над Одесою у холодне півріччя.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) рис. 1.1– види хмар; рис. 2.1-2.2 – топографічна та супутникова карти Одеської області; рис. 2.3-2.7 – схема категорій ІСАО; рис. 2.4 - повторюваність градацій нижньої межі хмар над Одесою; рис. 2.8-2.9 – повторюваність та метеорологічні умови зниження хмар до 30 м та нижче. рис. 3.1-3.2 – синоптичні карти за 16-18.01.2016 р.; рис. 3.3-3.4 – емпірична залежність формування низьких хмар від над Одесою від зміни приземної температури.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10 березня 2017 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи | Термін виконання етапів роботи | Оцінка виконання етапу | |
|-------|---|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | у % | за 4-х бальною шкалою |
| 1. | <i>Вивчення новітніх літературних джерел за темою дослідження</i> | з 13 березня 2017 р. | 93 | відмінно |
| 2. | <i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i> | березень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 3. | <i>Розрахунок низької хмарності в кількісному і процентному співвідношенні в аеропорту Одеси за 2013–2016 рр.</i> | березень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 4. | <i>Аналіз режиму низької хмарності до 300 м в аеропорту Одеси за 2013–2016 рр.</i> | квітень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 5. | <i>Аналіз режиму низької хмарності до 30 м в аеропорту Одеси за 2013–2016 рр.</i> | квітень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 6. | <i>Побудова таблиць і діаграм згідно отриманих даних за період дослідження</i> | квітень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 7. | <i>Синоптичний аналіз випадку низької хмарності в районі Одеси</i> | травень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 8. | <i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку.</i> | травень 2017 р. | 93 | відмінно |
| 9. | <i>Оформлення магістерської роботи.</i> | 31 травня 2017 р. | 93 | відмінно |
| 10. | <i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.</i> | червень 2017 | 93 | відмінно |
| 11. | <i>Попередній захист магістерської роботи.</i> | червень 2017 | 93 | відмінно |
| | Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам) | | 93 | відмінно |

Студент

_____ Тарасенко К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

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

Анотація

Тема: «Вплив низької хмарності на польоти в районі Одеси»

Автор: Тарасенко Кіра Валеріївна

Актуальність визначається небезпекою, що створює низька хмарність для обслуговування авіації, тому приділяється велика особлива увага дослідженню для конкретних аеропортів.

Метою даної роботи є виявлення особливостей формування низької хмарності і порівняльна характеристика хмароутворення над аеропортом Одеси у період дослідження.

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

- зробити порівняльний аналіз сезонних і помісячних змін утворення низької хмарності в аеропорту Одеси за період дослідження;
- визначити синоптичні утворення низької хмарності, що спричинили тимчасове припинення роботи аеропорту Одеси;
- отримати емпіричну залежність для утворення низької хмарності.

Об'єкт дослідження - низька хмарність в аеропорту Одеси за 2013-2016 рр.

Предмет дослідження - випадки зниження хмарності до 300 м над поверхнею землі.

Методи дослідження – узагальнення метеорологічної інформації, синоптичний аналіз, прогнозування низької хмарності.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території України:

- визначені особливості сучасного режиму формування хмар з нижньою межею 30 м та нижче;
- запропонована емпірична залежність для аеропорту Одеса.

Практичне значення отриманих результатів. Врахування утворення низької хмарності можуть використовуватись для вдосконалення прогнозу метеорологічного забезпечення авіації.

Магістерська робота в обсязі 42 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 14 джерел, одного додатку, містить 14 рисунків та 7 таблиць

Ключові слова: низька хмарність, прогноз низької хмарності.

Summary

Theme: The influence of low clouds at flights near Odessa

Author: Tarasenko K.V.

Importance is determined by the danger that creates low clouds for the maintenance of aviation, so special attention is paid to research for specific airports.

Aim of this study Is the identification of the characteristics of the formation of low clouds and the comparative characteristic of cloud formation over the Odessa airport during the study period

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

- to make a comparative analysis of seasonal and monthly changes in the formation of low clouds at the Odessa airport during the study period;
- to identify the synoptic forms of low clouds that caused the temporary cessation of the work of the Odessa airport;
- to obtain an empirical dependence for the formation of low clouds for Odessa.

Object of scientific research - low clouds at the Odessa airport for 2013-2016

Subject of scientific research - cases of falling clouds up to 300 m above the surface of the earth.

Methods of scientific research is generalization of meteorological information, synoptic analysis, low cloud forecasting

Scientific novelty of results obtained.

In this study for the Ukraine for the first time

- the features of the modern mode of formation of clouds with a lower bound of 30 m and below are determined;
- Empirical dependence for the Odessa airport is proposed.

Practical importance of results obtained. Taking into account the formation of low clouds can be used to improve the forecast of meteorological supply of aviation.

The master thesis of 42 pages consists of three chapters, conclusions, bibliography of 14 sources, contains 14 figures and 7 tables.

Keywords: low clouds, low cloud forecasting

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 6 |
| 1 Процеси формування низької хмарності | 8 |
| 1.1 Загальні відомості про хмарність | 8 |
| 1.2 Хмари нижнього ярусу..... | 10 |
| 1.3 Фізичні умови утворення низької хмарності..... | 15 |
| 2 Формування низької хмарності в районі Одеси..... | 17 |
| 2.1 Фізико-географічна характеристика Одеської області та Одеси..... | 17 |
| 2.2 Короткий опис міжнародного аеропорту Одеси | 19 |
| 2.3 Утворення низької хмарності в аеропорту Одеси в 2013-2016 рр. | 22 |
| 2.3 Аналіз повторюваності та умов зниження хмарності до висоти 30 м та нижче в аеропорту Одеси..... | 29 |
| 3 Синоптичні умови утворення низької хмарності | 34 |
| 3.1 Аналіз синоптичних процесів 16-18 січня 2016 р..... | 34 |
| 3.2 Прогноз низької хмарності для холодного півріччя над Одесою..... | 36 |
| Висновки | 39 |
| Перелік посилань..... | 40 |

ВСТУП

Дослідження умов утворення та розвитку низької хмарності є дуже важливим фактором, що впливає на якість обслуговування авіації. Саме тому цьому питанню приділяється велика увага особливо стосовно досліджень на локальному рівні тобто для конкретних аеропортів.

Найбільш важливо для обслуговування авіації є спостереження за хмарністю, тому що саме хмари є тим явищем, яке найбільш істотно впливає на зліт і посадку літака. Насамперед досліджуються гідрометеорологічні та синоптичні умови за яких утворюються низькі хмари. Жоден політ літака або вертольоту не може бути виконаний без вивчення та урахування метеорологічних умов на аеродромі вильоту, за маршрутом польоту, в пункті призначення (посадки) та на запасних аеродромах.

Метою роботи є виявлення особливостей формування низької хмарності і порівняльна характеристика хмароутворення над аеропортом Одеси у період дослідження.

У магістерській роботі визначаються особливості утворення низької хмарності в аеропорту м. Одеси за період 2013–2016 роки. Для виконання дипломного проекту використовувалися дані метеорологічних спостережень з часовим інтервалом 30 хвилин за період 2013–2016 рр. з архіву погоди у аеропорту Одеси [10].

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

По вступу формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ містить в собі загальну інформацію про низьку хмарність та умови її утворення.

Другий розділ присвячений короткому опису фізико-географічного району і міжнародного аеропорту Одеси та порівняльному аналізу формування низької хмарності.

Третій розділ складається з аналізу синоптичної ситуації формування низької хмарності та пропонуванню нового методу до її прогнозу.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 14 літературних джерел.

У додатках наведені допоміжні матеріали.

Магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках науково-дослідної роботи «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.).

1 ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ НИЗЬКОЇ ХМАРНОСТІ

1.1 Загальні відомості про хмарність

Хмари належать до числа найважливіших атмосферних явищ. Із хмар випадають опади, хмарний покрив удень зменшує приплив сонячного тепла й світла, а вночі різко послабляє випромінювання й охолодження земної поверхні. Тим самим хмари сильно впливають на зміни температури, зокрема на її добовий хід, перешкоджають виникненню радіаційних заморозків і туманів, послабляють денне нагрівання та ін. Загальновідомо, що наявність хмарності, особливо щільної й сильно розвинутої по вертикалі, може істотно утруднити роботу авіації. Польоти, особливо зліт і посадка, досить скрутні при дуже низькій хмарності (у краплинних переохолоджених хмарах відбувається зледеніння літаків, у грозових хмарах спостерігаються небезпечні для літака висхідні й низхідні потоки повітря та ін.).

Утворення певних форм хмар або їхній розпад характеризує багато типових атмосферних процесів у даному районі. Тому, спостереження над хмарністю на метеорологічних станціях мають найважливіші значення для прогнозу погоди.

Прогноз хмарності займає одне з найважливіших місць при прогнозі погоди. Змінюючи тепловий і радіаційний режим атмосфери, хмари дуже впливають на багато сторін діяльності людини й, особливо, на авіацію.

Не дивлячись на розвиток авіаційної техніки й оснащення літаків і аеродромів сучасними приладами й устаткуванням, хмари залишаються до тепер таким явищем, що найбільше істотно впливає на зліт, посадку й політ літака, на діяльність авіації в цілому. Нижня межа хмар є одним з основних елементів прогнозування умов посадки літаків. Положення нижньої межі хмар входить у визначення мінімуму погоди (аеродрому, літака, екіпажа). Із хмарністю зв'язані такі небезпечні явища, як зледеніння й бовтанка літаків, грози, опади.

Варто підкреслити, що для ряду регіонів країни умови утворення низької хмарності й методика прогнозу цього явища розроблені недостатньо. Тепер з особливою гостротою виникає необхідність у короткострокових прогнозах погоди (до однієї години), важливих при оцінці метеорологічних умов для

забезпечення безпеки зльоту й посадки повітряних судів, особливо в умовах, близьких до їхнього мінімуму погоди. Такий метод прогнозу повинен ураховувати переважний вплив на висоту хмарності метеорологічних факторів мезо- і мікро- масштабу [1].

Звичайно хмари спостерігаються в тропосфері. Тропосферні хмари підрозділяються на види, різновиди і за додатковими ознаками відповідно до міжнародної класифікації хмар.

Хмари прийнято розрізняти за їхніми основними ознаками, відповідно до яких існують наступні класифікації:

1. Морфологічна класифікація, у якій хмари визначають за зовнішнім виглядом.
2. Генетична класифікація, у якій хмари визначають за походженням, тобто за характером процесу їхнього утворення.
3. Класифікація за мікрофізичною будовою, тобто класифікація за агрегатним станом, видом та розміром хмарних часток, а також за їхнім розподілом усередині хмари.

На гідрометеорологічних станціях у практиці метеорологічних спостережень прийнята морфологічна класифікація. Ця класифікація дозволяє за даними спостережень за формою й кількістю хмар оцінювати стадію їхнього розвитку та властивості, а також загальний характер атмосферних процесів[3]. Залежно від висоти нижньої межі хмар їх відносять до одного із трьох ярусів - верхнього, середнього або нижнього (рис. 1.1).

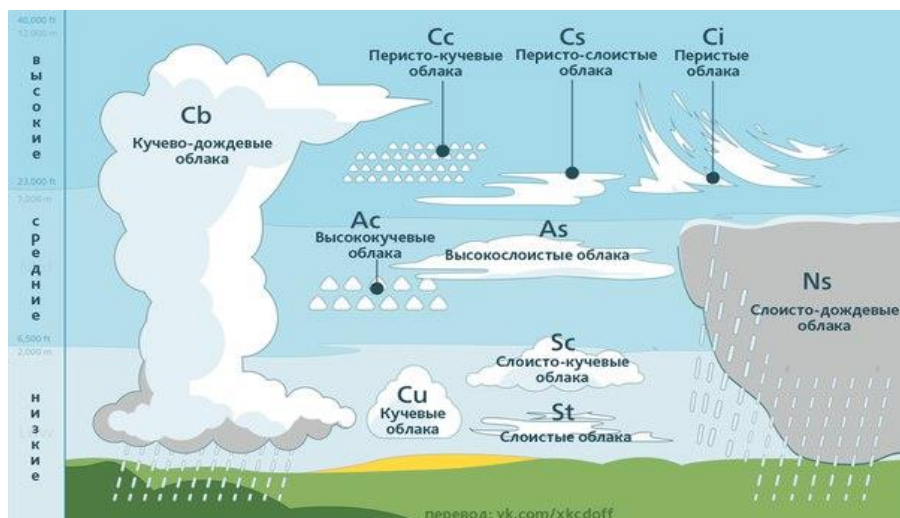


Рис. 1.1. Види хмар [13]

Особливо виділяють хмари вертикального розвитку - окремі хмарні маси, що значно простираються по вертикалі вгору.

Хмари можуть бути розташовані у вигляді окремих ізольованих мас або суцільного покриву, їхня будова може бути різною (однорідною, волокнистою та ін.), а нижня межа - рівною або розчленованою (і навіть розірваною). Крім того, хмари можуть бути щільними і непрозорими або тонкими, крізь які просвічує блакитне небо, місяць і сонце. Всі ці ознаки характеризують форму або зовнішню будову хмар.

1.2 Хмари нижнього ярусу

Хмари нижнього ярусу мають вигляд низьких сірих важких гряд, валів або завіси, що закриває небо суцільним покривом. Сонце не просвічує крізь ці хмари або зрідка слабо просвічує через тонкі їхні краї.

До хмар нижнього ярусу відносяться три основні форми: шарувато-купчасті, шарувато-дощові й шаруваті хмари.

Шарувато-купчасті хмари Sc (Stratocumulus) - сірі хмари, що складаються з великих гряд (хвиль) чи пластин, розділених просвітами, або які зливаються в суцільний сірий хвилястий покрив. Їхня висота в межах 0,6-1,5км, товщина шару можлива від 0,2 до 0,8км.

Sc хмари складаються переважно із дрібних крапельок води (радіусом найчастіше 5-7 мк. із коливанням від 1 до 60 мк), взимку переохолоджених. В окремих випадках серед крапель може бути деяка кількість крижаних кристалів (пластинок і сніжинок).

При суцільному покриві щільних Sc сонце взагалі не просвічує й місце розташування його на небі визначити важко. Якщо в хмарах є просвіти або більш тонкі частини країв хмари, то сонце й місяць можуть часом просвічувати, причому утворюються вінці.

Опади з більшості різновидів Sc, як правило, не випадають. З непросвічуючих шарувато-купчастих (Sc op.) хмар можуть випадати слабкі нетривалі опади у вигляді дощу або снігу (взимку іноді й з Sc trans).

Різновиди Sc:

1. Вид *Stratocumulus undulatus* (Sc und.) - хвилясті.
2. Вид *Stratocumulus cumuliformis* (Sc cuf.) – шарувато-купчаста.

Шарувато-купчасті хмари можуть спостерігатися одночасно з висококупчастими. Ряд різновидів Sc *cu*. утворюється при розпаді Cu або Cb. Але й самі Sc при конвекції, що підсилюється, можуть розвиватися в купчасті хмари, особливо часто це відбувається з Sc *cast*. При наближенні фронту Sc можуть змінюватися шарувато-дошовими Ns, що супроводжуються випаданням облогових опадів. Навпаки, при ослабленні процесів конденсації наприкінці проходження хмарної системи Ns можуть перейти в Sc. При ослабленні хвильових рухів і переваги турбулентного перемішування Sc можуть перейти в St.

Умови спостереження з поверхні землі при визначенні шарувато-купчастих хмар можуть виникнути труднощі в визначенні Sc від Ac, Sc від As *op.*, Sc від St, Sc від Ns і нарешті, Sc від Cu.

Основні процеси, що викликають утворення шарувато-купчастих хмар:

1. Хвильові рухи в шарах інверсій, розташованих нижче 2 км над поверхнею землі.
2. Розтікання Cu або Cu *cong.* у шарі під інверсіями нижче 2 км.
3. Хвильові рухи, що виникають над підвітряним схилом височин і приводять до утворення Sc *lent*.

Конвективні рухи, що розвиваються в шарі Sc, приводять, зокрема, до утворення Sc *mat*.

Шаруваті хмари St (*Stratus*) - однорідний шар сірого або жовто-сірого кольору, подібний з туманом, піднятим над поверхнею землі. Часто нижня поверхня цього шару буває розірваною. Звичайно шаруваті хмари закривають все небо сірою завісою, але іноді можуть спостерігатися й у вигляді розірваних хмарних мас.

Висота нижньої межі від 0,1 до 0,7 км, але іноді хмари зливаються з наземним туманом, товщина шару якого може коливатись від 0,2 до 0,8 км.

Хмари St складаються із дрібних крапельок води радіусом найчастіше 2-5 мк. із коливаннями від 1 до 29 мк. У шарах хмари з температурою нижче 0°C ці краплі переохолоджені. У цих же шарах можуть перебувати також крижані кристали й сніжинки [3]. Сонце й місяць через шаруваті хмари звичайно не просвічуються. Якщо хмари дуже тонкі й розірвані, то через їхні краї сонце або місяць можуть часом просвічувати. При цьому утворюються яскраві вінці. Із шаруватих хмар опади, як правило, не випадають.

Іноді може випадати мряка; рідше, при негативних температурах випадає дрібний сніг або окремі дрібні сніжні зерна, які помітно погіршують видимість.

Різновид шаруватих хмар:

1. *Stratus nebulosus* (St neb.) – туманоподібний однорідний сірий або жовто-сірий шар хмар. Іноді він розташовується так низько, що закриває верхні частини високих наземних предметів, послабляючи їхню видимість.

2. *Stratus undulates* (St und.) - хвилясті, ці хмари в загальному подібні з St neb.

3. *Stratus fractus* (St fr) - розірвані. Ці хмари можуть бути у вигляді скупчення окремих хмар з розірваними краями або більш-менш суцільного покриву зі звисаючими донизу нерівними шматками.

Різновид цього виду:

Розірвано-дощові (*Fractonimbus*) (Frnb) - це низькі, сірі, похмурі розірвані хмари поганої погоди. Вони утворюються під шаром хмар, що дають опади (As, Ns, Cb і Sc op.), і зустрічаються лише в поєднанні із цими хмарами, звичайно помітними в розривах. Однак Frnb можуть утворити й майже суцільний шар, що закриває вище розташовані хмари. Самі вони опадів не дають, а лише пронизуються опадами, що випадають із вище розташованих хмар.

Хмари St можуть утворитися при зниженні Sc і, навпаки, самі можуть перейти в Sc. При значній вертикальній потужності шару St і сильному розвитку турбулентності в атмосфері хмари St можуть злитися з вище розташованими хмарами. Найчастіше це відбувається з Frnb, які можуть злитися в один шар із хмарами Ns. Вранці, при відсутності більше високих хмар, St fr. можуть перетворитися в купчасті хмари, якщо поверхня землі прогривається й розвивається конвекція.

Шарувато-дощові хмари Ns за зовнішнім виглядом схожі на St. Їх розрізняють за наступними ознаками:

1. St розташовуються звичайно нижче, ніж Ns, іноді так низько, що закривають верхні частини високих предметів (щогл, труб, високих дерев, пагорбів), послаблюючи їхню видимість.

2. St більш світлого сірого кольору, чим Ns, причому звичайно відрізняються відтінки - чергування темних і світлих місць, що відповідають

ділянкам хмари більшої й меншої товщини. Будова хмар St менш волокниста, ніж Ns.

3. St ніколи не дають облогових опадів.

Процеси утворення:

1. Охолодження теплого повітря при підйомі його над холодною підстильною поверхнею.

2. Радіаційне вихолодження нижнього шару повітря протягом ночі або декількох діб підряд.

3. Охолодження при висхідному русі повітря уздовж майже горизонтальних ділянок фронтальних поверхонь або по схилах височин.

4. Зволоження повітря опадами, що випадають із вище розташованих хмар, і одночасний розвиток динамічної турбулентності під шаром хмар, що дають опади.

5. Перенос водяної пари турбулентними рухами нагору в підінверсійному шарі, конденсація надлишку пари у верхній частині шару. Можлива також дифузія водяної пари в підінверсійний шар зверху з теплої повітряної маси, якщо вона більш волога, ніж нижній шар повітря. Тому велике значення для утворення хмар St має наявність шару інверсії температури, розташованого на невеликій висоті над поверхнею землі.

Форма хмар St є однією з найбільше часто спостережуваних у помірних і північних широтах.

Шарувато-дощові хмари Ns (Nimbostratus) - темно-сірий хмарний шар, іноді з жовтуватим або синюватим відтінком. При опадах він здається однорідним; у перервах між випаданнями опадів іноді помітні неоднорідність і навіть деяка хвилястість шару хмар. Нижня межа хмар Ns завжди розмита смугами випадання опадів так, що точно встановити висоту нижньої межі хмар буває важко. Хмари Ns звичайно закривають все небо без просвітів. Одні Ns спостерігаються порівняно рідко; частіше під їхнім шаром утворюються розірвані-дощові хмари Fnb, частково або навіть повністю приховуючи основний шар Ns.

Висота нижньої межі коливається в межах від 0,1 до 1,0 км, нижче всього поблизу лінії фронту. Товщина шару звичайно коливається в межах від 2 до 3 км, але іноді досягає 5 км і навіть більше. Однак спостерігаються випадки, коли товщина шару Ns не перевищує 1-2 км і між ними й вище розташованими As є безхмарний прошарок.

Шарувато-дощові хмари складаються з переохолоджених крапель і крижаних кристалів. У верхній частині хмари кристали мають переважно форму стовпчиків, у нижній частині - пластинок. У нижніх частинах хмари переважають дрібні крапельки води з домішкою сніжинок або порівняно великих крапель дощу (залежно від того, чи буде температура в цьому шарі нижче або вище 0°C). Більшість крапельок води має радіус найчастіше 7-8 мк.

Хмари щільні, сонце й місяць через них не просвічують зовсім, і навіть приблизно не вдається вказати їхнє місце розташування на небі. Із цих хмар випадає облоговий дощ або сніг, іноді з перервами, зрідка - крижаний дощ.

Звичайно Ns утворюються з As, шар яких поступово ущільнюється (від As trans. переходить в As op. і в As pg.) і знижується аж до перетворення в Ns. Перехід від As op. до Ns поступовий, тому межі між ними немає. Гарною ознакою переходу, що відбувся, є випадання стійких облогових опадів.

Іноді спостерігається зв'язок Ns з Cb. При наближенні холодного фронту 1-го роду вал передфронтальних Cb безпосередньо переходить в Ns, а зливові опади змінюються облоговими. У деяких випадках зв'язок Cb і Ns буває й на холодних фронтах 2-го роду. На теплому фронті, особливо влітку, спостерігається перехід Ns в Cb; окремі ділянки шарувато-дощових хмар, сильно розвиваючись по вертикалі, поступово набувають всі ознак Cb; опади, що випадають із них, одержують характер зливових.

Основним процесом утворення шарувато-дощових хмар є охолодження при висхідному русі повітря уздовж похилої фронтальної поверхні поблизу лінії фронту. Подібний висхідний похилий рух повітря може мати місце й без помітного зв'язку з лініями приземних фронтів (уздовж верхніх фронтів, у широких фронтальних зонах та ін.).

Нижня межа хмар вертикального розвитку знаходиться в нижньому ярусі, верхня – в середньому або верхньому. Ця хмарність складається з водяних крапель в нижньому і льодяних кристалів у верхньому ярусі. Хмари вертикального розвитку мають дві форми:

Купчасті Cu хмари представляють собою окремі білосніжні хмари. Вертикальна потужність їх від сотні метрів до декількох кілометрів, в останньому випадку їх називають потужно-купчастими Cu cong.

Купчасто-дощові – зливові або грозові хмари Cb. Це потужні маси купчастих хмар з вертикальним розвитком до декількох км, що мають вигляд гір або веж. Іноді їхні вершини мають вид «мітли» з волокнистою структурою,

досягаючи тропопаузи и навіть можуть вклинюватись в нижню стратосферу. В хмарах спостерігаються сильні висхідні і низхідні рухи, турбулентність, зледеніння, град і електричні розряди – блискавки. Із купчасто-дощових хмар випадають досить інтенсивні опади [3].

1.3 Фізичні умови утворення низької хмарності

Процеси хмароутворення в атмосфері надзвичайно складні. Залежно від фізико-географічних та синоптичних умов висота хмар може істотно змінюватися в часі й просторі. Уже перші спеціальні виміри висоти хмар, здійснені в 1950-52 рр. показали, що нижня межа хмар значно коливається в часі й просторі. Коливання ці носять неупорядкований характер, що свідчить про те, що в хмарах спостерігаються турбулентні пульсації водності й інших величин масштабу [7]. Пізніше наявність пульсацій водності хмар підтверджено й безпосередніми вимірами.

Під низькими хмарами звичайно розуміють хмари, висота нижньої межі яких нижче 600м, а при обслуговуванні авіації – 300 м і нижче.

Низька хмарність формується під впливом наступних основних факторів: горизонтального переносу повітряних мас (адвекції), їхньої трансформації в процесі переносу та взаємодії з підстильною поверхнею, добового ходу температури й вологості повітря, випадання опадів, що сприяють насиченню водяною парою приземного шару атмосфери, стратифікації повітряної маси й місцевих фізико-географічних особливостей району.

Низькі хмари є продуктом процесів тепло й вологообміну в атмосфері. Однією з основних причин утворення хмар є охолодження вологого повітря. Воно може бути обумовлено різними причинами, особливо адіабатичним розширенням повітря при його підйомі й радіаційному вихолодженню. Ці фактори в різних географічних умовах і в різні сезони року діють неоднаково.

При вертикальному підйомі повітря, яке не насичене водяною парою, вихолоджується в наслідок адіабатичного розширення. Незначного зниження температури нерідко буває досить для того, щоб водяна пара, що перебуває в повітрі, досягла насичення порівняно на невеликій висоті й почала конденсуватися, тобто почалося утворення низьких хмар. Чим менше різниця

між температурою повітря й температурою точки роси біля поверхні землі, тим нижче рівень конденсації та менша висота нижньої межі хмар.

Повітря може вихолоджуватися й від підстильної поверхні, наприклад, у холодне півріччя над покритими снігом континентами, коли на сушу надходить відносно тепле й вологе повітря з океану. У результаті охолодження від підстильної поверхні, повітря наближається до стану насичення. Завдяки турбулентному обміну воно від земної поверхні переноситься у вільну атмосферу. При наявності низько розташованих затримуючих шарів повітря не поширюється вище, додатково вихолоджується й стає насиченим. Подібним шляхом формується низька внутрішньо-масова хмарність. Поєднання зазначених факторів буває в континентальних антициклонах, для яких характерна наявність низьких затримуючих шарів.

Формуванню низьких хмар і збільшенню їхньої вертикальної довжини сприяє радіаційне вихолодження.

Необхідною умовою для утворення хмар є також наявність в атмосфері ядер конденсації, або дрібних твердих, рідких та газоподібних часток, які постійно знаходяться в атмосфері. Ядра конденсації в атмосферу попадають головним чином з морів і океанів (близько 80%) шляхом випаровуванням і розбризкування їх з водної поверхні. Крім того, джерелами ядер конденсації є продукти горіння, вивітрювання ґрунтів, вулканічної діяльності і т.д.

У результаті конденсації та сублімації в атмосфері утворюються дрібні крапельки води й кристалики льоду. Скупчення їх у приземному шарі повітря дає серпанок, туман, у вище розташованих шарах – хмари.

Утворенню низької хмарності так само сприяє наявність в атмосфері затримуючих шарів (інверсії, ізотермії). У зоні атмосферних фронтів роль затримуючого шару грає фронтальна поверхня.

2 ФОРМУВАННЯ НИЗЬКОЇ ХМАРНОСТІ В РАЙОНІ ОДЕСИ

2.1 Фізико-географічна характеристика Одеської області та Одеси

Одеська область на півночі межує з Вінницькою та Кіровоградською, на сході - з Миколаївською областями, на заході - з Молдовою, на південному заході - з Румунією. Велика частина території Одеської області відноситься до Причорноморської низовини, поступово знижується до Чорного моря [11].

У північній частині області розташовані відроги Подільської височини (висота до 268 м), порізані глибокими балками і ярами. Зі сходу і південного сходу омивається Чорним морем, на березі якого - численні лимани. У межиріччі Дністра і Прута вздовж кордону з Молдовою (на південний захід) висоти досягають 232 м. Характерна значна густота і глибина розчленування поверхні яружно-балочної мережею, глибина врізу долин місцями досягає 120 м (рис. 2.1).

Річкова мережа області належить басейнам Чорного моря, Дністра, Південного Бугу. На території області налічують близько 220 річок довжиною понад 10 км, багато з яких в літній період схильні до пересихання. Головні річки: Дунай (з Килійським гирлом), Дністер (з притокою (річка) Турунчук), Кодима і Савранка (притока Південного Бугу). Дельта Дунаю і плавні Дністра місцями заболочені.

Довжина лиманних і морського узбережжя від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману досягає 300 км.

У приморській смузі багато прісноводних (Кагул, Ялпуг, Катлабух) і солоних (Сасик, Шагани, Алібей, Бурнас) озер. Також на узбережжі знаходиться велика кількість лиманів (найбільші Дністровський, Куяльницький і Хаджибейський) повністю або частково відгороджених від моря піщано-черепашковими пересипами.

Найбільш характерні ґрунти - чорноземи південні і звичайні, середньо- і малогумусні; на півночі переважають чорноземи малогумусні і опідзолені. У приморській частині області - чорноземи південні солонцюваті. По долинах і балках повсюдно поширені чорноземні-лугові солончакуваті ґрунти і солончаки.

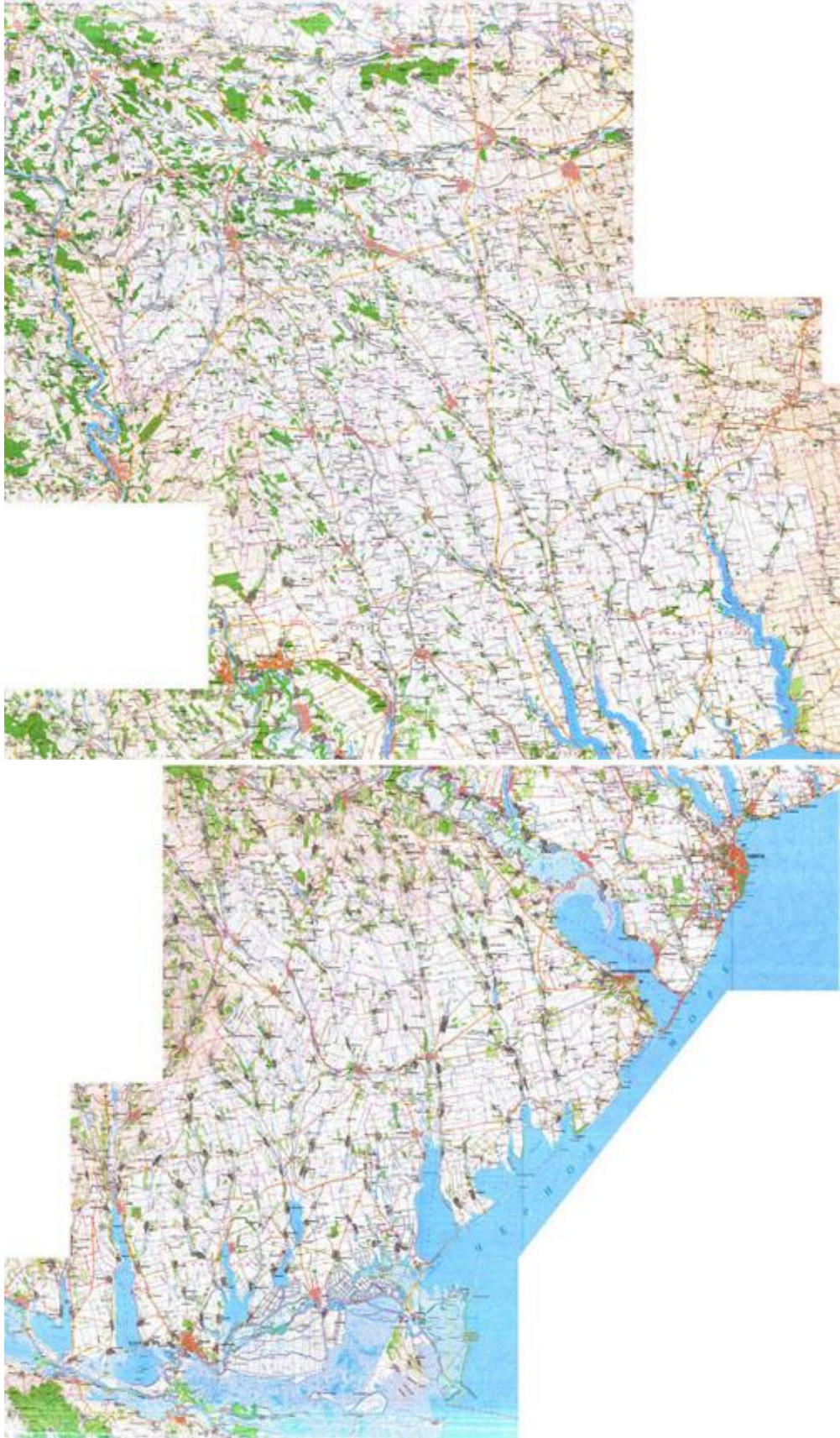


Рис. 2.1. Топографічна карта Одеської області [14]

Клімат вологий, помірно континентальний. В цілому клімат поєднує риси континентального і морського. Зима м'яка, малосніжна і нестійка; середня температура січня від $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півночі. Можливі короткочасні, до 7-15 днів, морози приблизно $-25\dots-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сильні вітри, 7-15 м/с, особливо в лютому в південній частині області. Для весни характерні похмура погода, тумани в зв'язку з охолоджуючим впливом моря.

Літо переважно спекотне, сухе; середня температура липня від $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ на північному заході до $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні; максимальна до $36-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в останні роки і більше). Осінь тривала, тепліше весни, в основному хмарна. Середньорічна температура коливається від $8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півночі до $10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні області. Загальна сума опадів 340-470 мм на рік, головним чином випадають влітку (часто у вигляді злив). Число годин сонячного сяйва близько 2200 в рік. Тривалість вегетаційного періоду 168-210 діб із загальною сумою температур від 28 до $34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Взимку переважають північні і південно-західні вітри, влітку - північно-західні і північні. Південна половина області схильна до засух, пилові бурі, суховії.

Місто Одеса розташоване на березі Одеської затоки Чорного моря. Велика частина міста, включаючи історичний центр, розташовується на рівнині, що підноситься над морем приблизно на 50 м (рис. 2.2). Мінімальна висота Одеси становить 4,2 м нижче рівня моря (Куяльницький лиман), максимальна - 65 м.

2.2 Короткий опис міжнародного аеропорту Одеси

Міжнародний аеропорт Одеса розташований в південно-західній частині міста Одеси (рис. 2.2.). Відстань від центру міста до аеропорту – 7,5 км. Аеропорт займає площу 570,3 га.

Міжнародний аеропорт Одеса відноситься до групи найбільших аеропортів України і пов'язаний повітряними лініями з багатьма містами України, СНД, а також країнами Західної Європи, Азії, Африки. Річний пасажиропотік аеропорту становить понад 800 тис. пасажирів.

Аеродром має одну штучну злітно-посадкову смугу (ШЗПС), 57 місць стоянок, мережу рульових доріжок (РД) і одну магістральну рульову доріжку (МРД). Аеродром обладнаний засобами управління повітряним рухом.

Штучна злітно-посадкова смуга має розміри 2800 на 56 м, обладнана радіотехнічними засобами посадки, світлосигнальною системою, метеообладнанням, що забезпечують цілодобову експлуатацію за метеорологічним мінімумом I категорії ICAO (табл. 2.1.) з двох курсів.

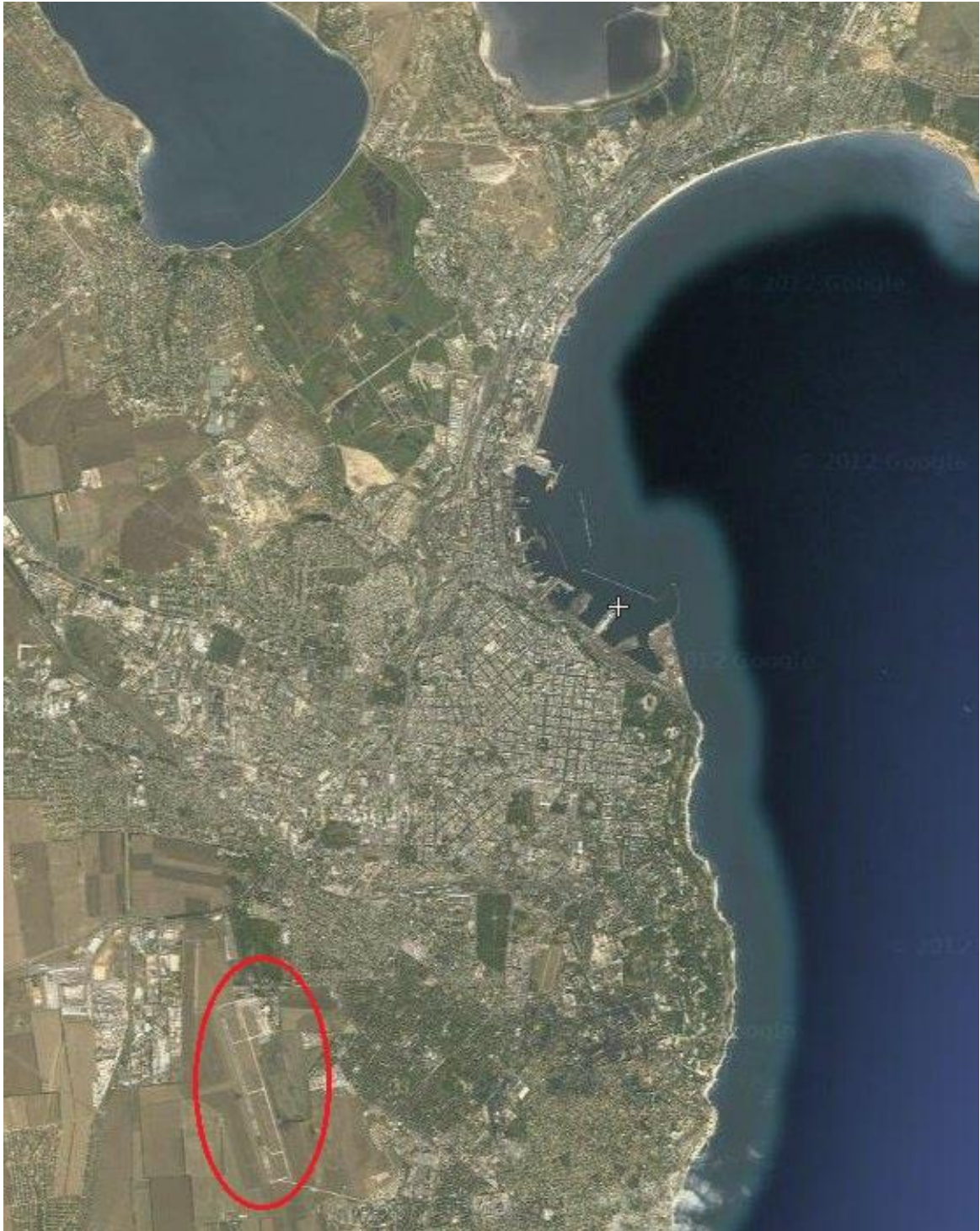


Рис. 2.2. Супутниковий знімок Одеси [12]

Аеродром відповідає всім необхідним вимогам законодавства, що пред'являються до цивільних аеродромів України. Аеропорт здатний приймати повітряні судна коду 4D і нижче, у тому числі: А320, А319, Boeing 737 (-300 / -400 / -500 / -600 / -700 / -800), Boeing 757 (-200 / -300), Е135, Е145, Е175, Е190, Ан-124, Ан-70, Ан-148, Ан-140, Іл-76, Іл-62, ТУ-154, Ту-204, вертольоти всіх типів та більш легкі повітряні судна.

Таблиця 2.1 – Погодні мінімуми за категоріями ІСАО [7]

| Вид мінімуму | Категорії ІСАО | | | | |
|-----------------------------|----------------|-----|------------------|------------------|------------------|
| | I | II | III _A | III _B | III _C |
| Висота прийняття рішення, м | 60 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| Горизонтальна видимість, м | 550 | 350 | 200 | 50 | 0 |

Пасажи́рський термінал призначений для обслуговування міжнародних та внутрішніх рейсів, загальна пропускна здатність 400 пас./год.

Категорія I (Кат. I) - допускається точний захід на посадку і посадка за приладами (рис. 2.3) з висотою прийняття рішення (DH) не нижче 60 м (200 футів) над ЗПС, а також при метеорологічній дальності видимості не менше 800 м (2400 футів) або дальності видимості на ЗПС (RVR) в зоні приземлення не менше 550 м. Літак, обладнаний відповідно до I категорією, повинен забезпечувати напівавтоматичне зниження до висоти 60 м (200 футів).

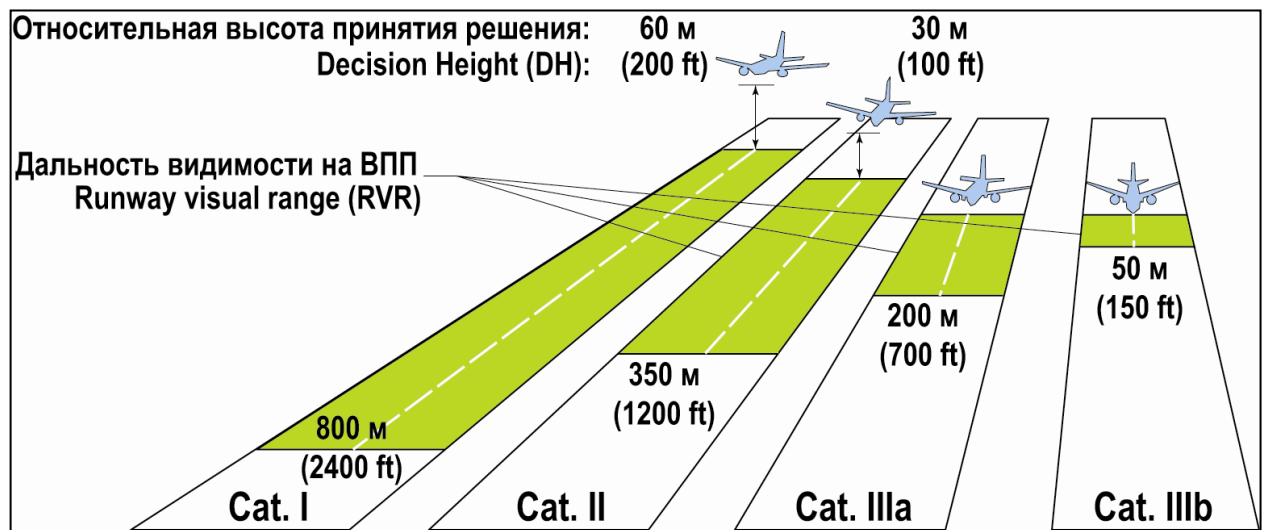


Рис. 2.3. Схематичне зображення категорій ІСАО [7]

У кожному конкретному випадку метеорологічні мінімуми визначаються виходячи з мінімумів аеродрому, повітряного судна, командира повітряного судна по найвищому з них.

2.3 Утворення низької хмарності в аеропорту Одеси в 2013-2016 рр.

За період спостережень з 2013 по 2016 роки в аеропорту Одеси зафіксовано 14169 випадків з висотою нижньої межі хмар менш ніж 300 м над поверхнею землі, що є типовим для спостережень за хмарністю для аеропортів [2]. По відношенню до загальної хмарності, що спостерігалася у цей період над територією аеропорту, а саме 57552 випадків, частка низької хмарності становила 24,6 %

Нижче приведені таблиці спостережень за низькою хмарністю в кількісному і процентному співвідношенні в аеропорту Одеси за 2013–2016 рр. (табл. 2.2 і 2.3).

За побудованими діаграмами (рис. 2.4 і 2.5) можна виявити розподіл виникнення низької хмарності за період спостереження в аеропорту Одеса, виходячи с табл. 2.3. На рис. 2.4. зображено сезонну зміну виникнення хмарності в аеропорту Одеси у 2013-2016 рр., де найбільша кількість випадків низької хмарності спостерігалася в холодний період року (близько 84 %), а саме с жовтня по березень. У грудні зафіксовано найбільш інтенсивне формування низької хмарності на висоті до 30 м від поверхні землі.

Відповідно найменша кількість випадків низької хмарності спостерігалася в теплий період року, з квітня по вересень включно з мінімумом в серпні.

Формування низької хмарності у холодний період року у різних співвідношеннях розповсюджувалося по всьому діапазону висоти нижньої межі хмар, тобто від 30 м над землею і до 300 м. У теплий же період низька хмарність в основному формувалася в діапазоні від 240 до 300 м над поверхнею землі, за винятком квітня місяця, коли просліджувалися три чітко виражених піка формування низької хмарності на висотах приблизно 75 м, 100 м і 200 м. На рис. 2.5. чітко видно особливості формування низької хмарності та її зміну відносно періоду спостережень.

Таблиця 2.2 - Кількість випадків низької хмарності в залежності від $H_{\text{НМХ}}$ за 2013–2016 рр. над аеропортом Одеса

| $H_{\text{НМХ}}, \text{ м}$ | Місяці | | | | | | | | | | | | Рік |
|-----------------------------|--------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| <30 | 32 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 66 | 154 |
| 30 | 554 | 397 | 189 | 84 | 43 | 1 | 0 | 10 | 9 | 113 | 118 | 618 | 2136 |
| 60 | 366 | 224 | 193 | 83 | 34 | 6 | 0 | 0 | 5 | 59 | 127 | 331 | 1428 |
| 90 | 372 | 185 | 163 | 62 | 64 | 9 | 3 | 0 | 14 | 70 | 252 | 282 | 1476 |
| 120 | 363 | 173 | 170 | 107 | 31 | 32 | 3 | 7 | 10 | 93 | 258 | 248 | 1495 |
| 150 | 228 | 145 | 166 | 87 | 43 | 40 | 6 | 0 | 34 | 106 | 206 | 178 | 1239 |
| 180 | 290 | 138 | 209 | 97 | 58 | 48 | 27 | 7 | 75 | 208 | 211 | 164 | 1532 |
| 210 | 171 | 125 | 110 | 37 | 44 | 28 | 18 | 1 | 19 | 123 | 179 | 133 | 988 |
| 240 | 187 | 166 | 138 | 58 | 55 | 52 | 36 | 3 | 27 | 161 | 216 | 97 | 1196 |
| 270 | 156 | 118 | 90 | 48 | 52 | 34 | 11 | 1 | 26 | 90 | 211 | 79 | 916 |
| 300 | 217 | 226 | 130 | 154 | 93 | 86 | 93 | 35 | 75 | 163 | 242 | 95 | 1609 |
| Всього | 2936 | 1913 | 1558 | 819 | 517 | 336 | 197 | 64 | 294 | 1224 | 2020 | 2291 | 14169 |

Таблиця 2.3 – Річний хід повторюваності (%) низької хмарності за 2013– 2016 рр. над аеропортом Одеса

| H _{нмх} , м | Місяці | | | | | | | | | | | | Рік |
|----------------------|--------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| <30 | 20,8 | 10,4 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,7 | 0,0 | 42,9 | 100 |
| 30 | 25,9 | 18,6 | 8,8 | 3,9 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,4 | 5,3 | 5,5 | 28,9 | 100 |
| 60 | 25,6 | 15,7 | 13,5 | 5,8 | 2,4 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 4,1 | 8,9 | 23,2 | 100 |
| 90 | 25,2 | 12,5 | 11,0 | 4,2 | 4,3 | 0,6 | 0,2 | 0,0 | 0,9 | 4,7 | 17,1 | 19,1 | 100 |
| 120 | 24,3 | 11,6 | 11,4 | 7,2 | 2,1 | 2,1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 6,2 | 17,3 | 16,6 | 100 |
| 150 | 18,4 | 11,7 | 13,4 | 7,0 | 3,5 | 3,2 | 0,5 | 0,0 | 2,7 | 8,6 | 16,6 | 14,4 | 100 |
| 180 | 18,9 | 9,0 | 13,6 | 6,3 | 3,8 | 3,1 | 1,8 | 0,5 | 4,9 | 13,6 | 13,8 | 10,7 | 100 |
| 210 | 17,3 | 12,7 | 11,1 | 3,7 | 4,5 | 2,8 | 1,8 | 0,1 | 1,9 | 12,4 | 18,1 | 13,5 | 100 |
| 240 | 15,6 | 13,9 | 11,5 | 4,8 | 4,6 | 4,3 | 3,0 | 0,3 | 2,3 | 13,5 | 18,1 | 8,1 | 100 |
| 270 | 17,0 | 12,9 | 9,8 | 5,2 | 5,7 | 3,7 | 1,2 | 0,1 | 2,8 | 9,8 | 23,0 | 8,6 | 100 |
| 300 | 13,5 | 14,0 | 8,1 | 9,6 | 5,8 | 5,3 | 5,8 | 2,2 | 4,7 | 10,1 | 15,0 | 5,9 | 100 |
| Всього | 20,7 | 13,5 | 11,0 | 5,8 | 3,6 | 2,4 | 1,4 | 0,5 | 2,1 | 8,6 | 14,3 | 16,2 | 100 |

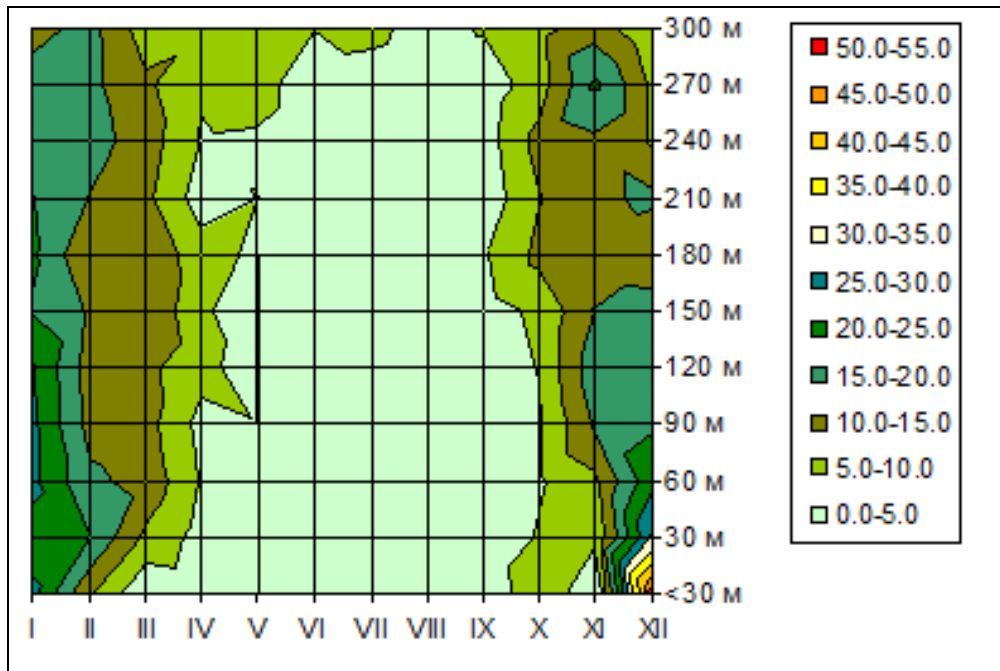


Рис. 2.4. Повторюваність градацій $N_{нмх}$ (%) над Одесою (2013-2016 рр.)

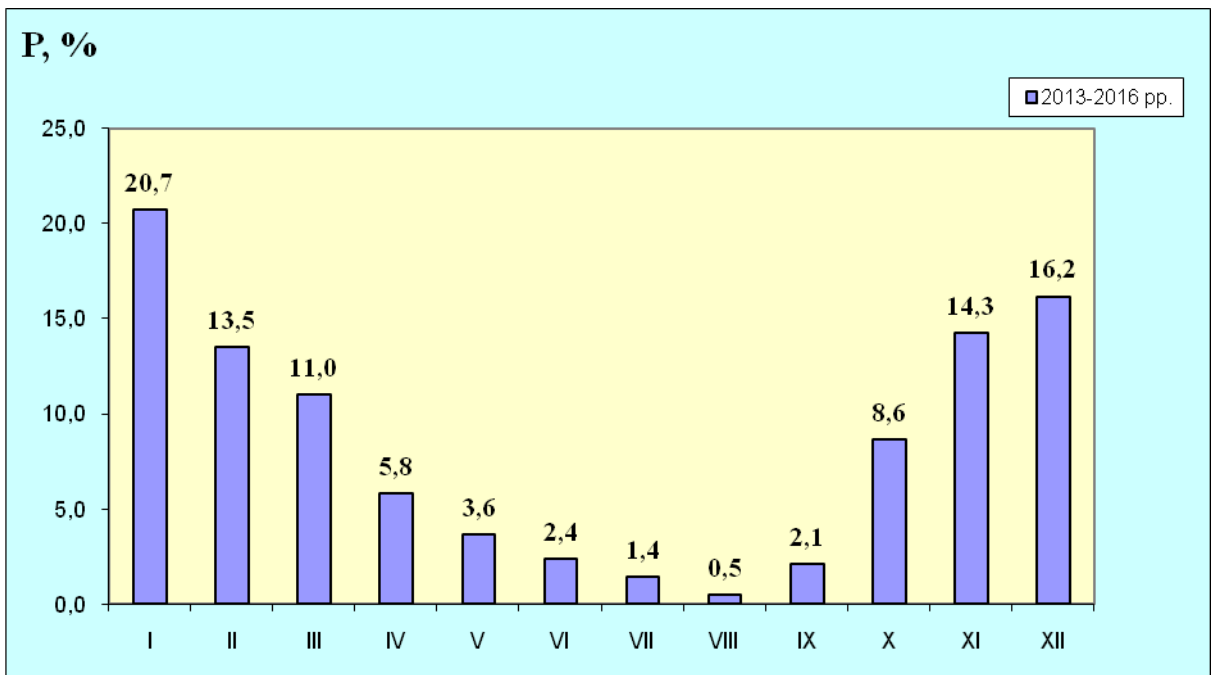


Рис. 2.5. Повторюваність виникнення низької хмарності над Одесою з 2013 по 2016 рр.

Якщо ту саму таблицю (табл. 2.2) порахувати у відсотках для кожного місяця, то можна визначити переважну градацію висоти розташування хмарності і побудувати діаграму її розподілу, яка представлена на рис 2.6.

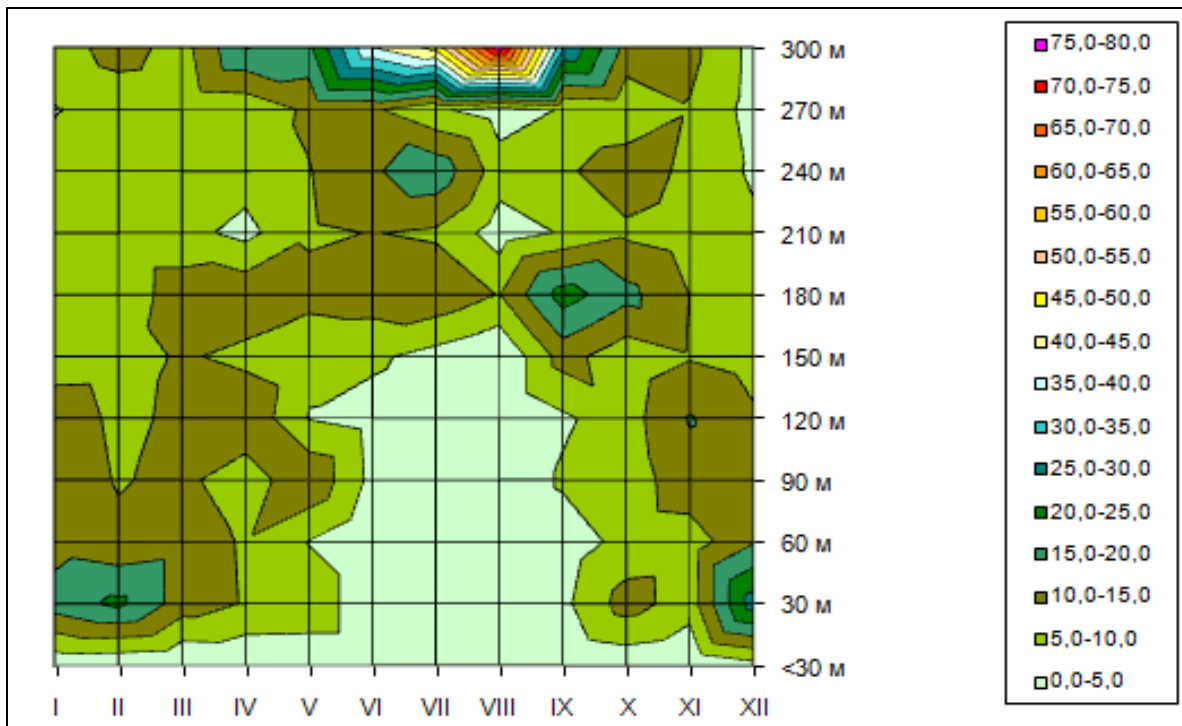


Рис. 2.6. Діаграма місячного розподілу (%) низької хмарності над Одесою

В табл. 2.4 наведено дані про повторюваність різних видів низької хмарності за 2013–2016 рр. над аеропортом Одеси і відповідно побудована діаграма (рис. 2.7) виникнення низької хмарності в залежності від періоду спостережень. Виходячи з наведених даних можна зробити висновок, що на території одеського аеропорту в більшій кількості випадків низька хмарність є суцільною (10 балів), що також має сезонний характер, тобто переважає у холодний період року. Якщо ж брати до уваги не тільки періоди виникнення низької хмарності, а взагалі спостереження за небом у 2013–2016 рр., то цілком очевидно, що на території дослідження найбільш характерною картиною є відсутність суттєвої хмарності.

Якщо взяти кліматичні дані по півдню України [4] і порівняти з періодом 2013-2016 рр., то значних відхилень у формуванні хмарності не виявляється. Так найбільше хмар спостерігається зимою (7,0-7,5 бала майже на всій території), а найменше літом (3,5-4,0 бали у південно-східній частині, 5,5 – у

Таблиця 2.5 - Повторюваність різних видів низької хмарності за 2013 – 2016 рр. над аеропортом Одеса

| Хмарність | Місяці | | | | | | | | | | | | Рік |
|--------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| | Р, к.в. | | | | | | | | | | | | |
| Незначна | 149 | 137 | 120 | 150 | 94 | 90 | 89 | 31 | 86 | 109 | 106 | 115 | 1276 |
| Розсіяна | 247 | 174 | 232 | 142 | 90 | 60 | 37 | 19 | 109 | 141 | 188 | 140 | 1579 |
| Розірвана | 488 | 317 | 254 | 191 | 150 | 125 | 36 | 4 | 72 | 395 | 422 | 292 | 2746 |
| Суцільна | 1256 | 764 | 672 | 212 | 101 | 43 | 6 | 0 | 15 | 381 | 1124 | 874 | 5448 |
| Немає суттєвої хмарності | 1294 | 1499 | 2367 | 3127 | 3060 | 2676 | 3493 | 4250 | 3849 | 2459 | 1528 | 2106 | 31708 |
| Хмар немає | 131 | 139 | 45 | 34 | 201 | 28 | 33 | 69 | 127 | 438 | 241 | 277 | 1763 |
| | Р, % | | | | | | | | | | | | |
| Незначна | 4,2 | 4,5 | 3,3 | 3,9 | 2,5 | 3,0 | 2,4 | 0,7 | 2,0 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 1276 |
| Розсіяна | 6,9 | 5,7 | 6,3 | 3,7 | 2,4 | 2,0 | 1,0 | 0,4 | 2,6 | 3,6 | 5,2 | 3,7 | 1579 |
| Розірвана | 13,7 | 10,5 | 6,9 | 5,0 | 4,1 | 4,1 | 1,0 | 0,1 | 1,7 | 10,1 | 11,7 | 7,7 | 2746 |
| Суцільна | 35,2 | 25,2 | 18,2 | 5,5 | 2,7 | 1,4 | 0,2 | 0,0 | 0,4 | 9,7 | 31,1 | 23,0 | 5448 |
| Немає суттєвої хмарності | 36,3 | 49,5 | 64,1 | 81,1 | 82,8 | 88,6 | 94,6 | 97,2 | 90,4 | 62,7 | 42,3 | 55,4 | 31708 |
| Хмар немає | 3,7 | 4,6 | 1,2 | 0,9 | 5,4 | 0,9 | 0,9 | 1,6 | 3,0 | 11,2 | 6,7 | 7,3 | 1763 |

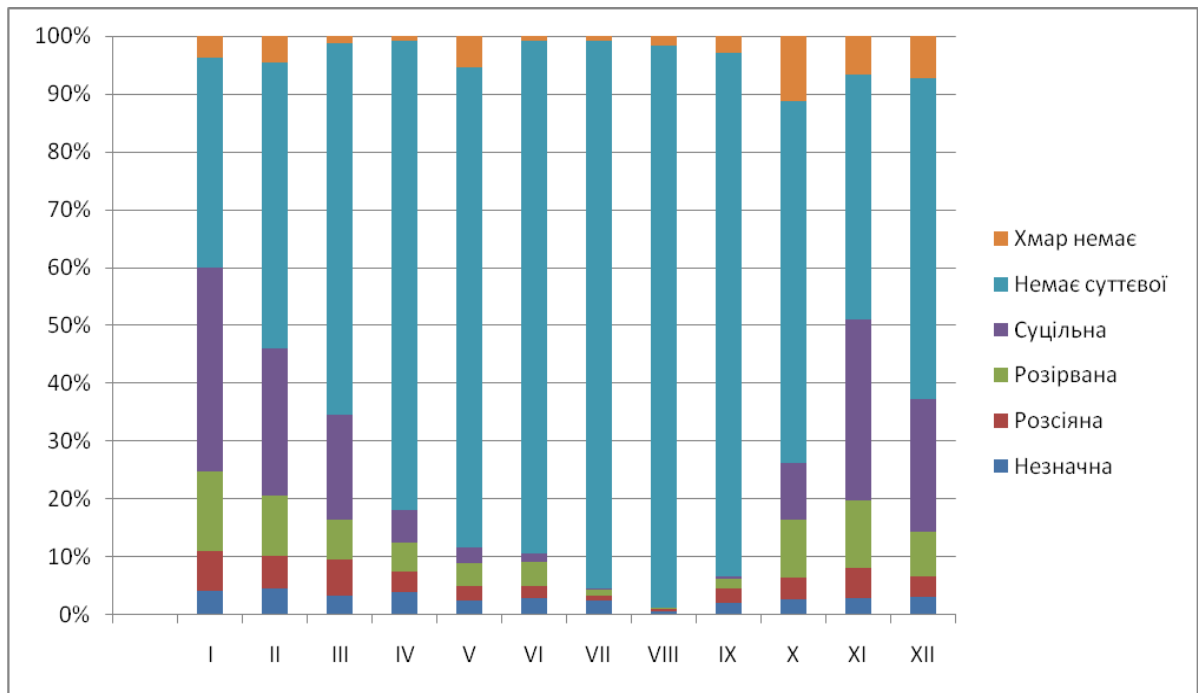


Рис. 2.7. Діаграма повторюваності різних видів низької хмарності

північно-західній). Восени хмар менше, ніж навесні. Повторюваність ясного неба найменша зимою, коливання її по території незначні. Літом вона збільшується у 1,5-2,0 рази. Повторюваність похмурого неба найбільша зимою (70-75 %), коливання її на території незначні (до 5 %), літом вона найменша.

2.3 Аналіз повторюваності та умов зниження хмарності до висоти 30 м та нижче в аеропорту Одеси

За період спостережень з 2013 по 2016 роки в аеропорту Одеси зниження хмарності до висоти 30 м зафіксовано 2132 рази, що склало в середньому 3% від загальної кількості спостережень, а нижче 30 м – 154 випадки, тобто близько 0,2 %, отже подібна небезпечна для польотів погода над Одесою формувалася дуже рідко.

В табл. 2.6 та 2.7 наведені повторюваність та метеорологічні умови під час виникнення хмарності з Ннмх ≤ 30 м. Виходячи з табл. 2.6 побудована діаграма (рис. 2.8), що показує коли виникало зниження хмарності до 30 м і

Таблиця 2.6 - Повторюваність (Р, к.в / %) зниження хмарності до 30 м та нижче над Одесою

| Рік | Місяці | | | | | | | | | | | | Рік |
|-------------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| Ннмх = 30 м | | | | | | | | | | | | | |
| Р, к.в. | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 47 | 60 | 61 | 34 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 70 | 260 | 623 |
| 2014 | 93 | 248 | 64 | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 15 | 269 | 726 |
| 2015 | 292 | 57 | 30 | 12 | 20 | 0 | 0 | 0 | 9 | 5 | 26 | 32 | 483 |
| 2016 | 120 | 25 | 23 | 26 | 3 | 2 | 0 | 8 | 0 | 32 | 7 | 54 | 300 |
| Всього | 552 | 390 | 178 | 84 | 43 | 2 | 0 | 8 | 9 | 133 | 118 | 615 | 2132 |
| Р, % | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 3.2 | 4.5 | 4.1 | 2.4 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 4.9 | 17.5 | 3.6 |
| 2014 | 6.3 | 18.5 | 4.3 | 0.8 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 1.0 | 18.1 | 4.1 |
| 2015 | 19.6 | 4.2 | 2.0 | 0.8 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.3 | 1.8 | 2.2 | 2.8 |
| 2016 | 8.1 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.5 | 3.6 | 1.7 |
| Всього | 9.3 | 7.2 | 3.0 | 1.5 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 2.2 | 2.0 | 10.3 | 3.0 |
| Ннмх < 30 м | | | | | | | | | | | | | |
| Рік | Місяці | | | | | | | | | | | | Рік |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| Р, к.в. | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 14 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 35 | 65 |
| 2014 | 18 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 54 |
| 2015 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 8 |
| 2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 1 | 27 |
| Всього | 32 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 66 | 154 |
| Р, % | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 2.4 | 0.4 |
| 2014 | 1.2 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.3 |
| 2015 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 |
| 2016 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.1 | 0.2 |
| Всього | 0.5 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.2 |

Таблиця 2.7 - Повторюваність (Р, к.в / %) зниження хмарності до 30 м та нижче над Одесою

| Рік | Місяці | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Середня температура, °С | | | | | | | | | | | | |
| Ннмх = 30 м | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | -2,3 | 4,2 | 5,4 | 8,6 | 12,7 | | | | | 11,1 | 9,3 | -0,2 |
| 2014 | 3,0 | 2,4 | 5,6 | 8,8 | 17,8 | | | | | 8,6 | 6,0 | 0,3 |
| 2015 | 2,0 | -0,6 | 5,8 | 8,1 | 11,0 | | | | 20,6 | 11,8 | 4,2 | 1,2 |
| 2016 | -0,3 | 4,9 | 4,8 | 9,4 | 15,3 | 18,0 | | 20,3 | | 12,6 | 11,0 | -2,4 |
| Середня | 0,6 | 2,7 | 5,4 | 8,7 | 14,2 | 18,0 | | 20,3 | 20,6 | 11,0 | 7,6 | -0,3 |
| Ннмх < 30 м | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | -3,6 | 4,0 | | 7 | | | | | | 11,2 | | 4,3 |
| 2014 | 4,5 | 2,0 | | | | | | | | | | 0,1 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | 0,0 |
| 2016 | | 4,0 | | | | | | | | 10,5 | | -7,0 |
| Середня | 0,5 | 3,3 | | 7 | | | | | | 10,9 | | -0,7 |
| Рік | Місяці | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Середня швидкість вітру, м/с | | | | | | | | | | | | |
| Ннмх = 30 м | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 5,2 | 2,8 | 2,5 | 3,7 | 0 | | | | | 2,5 | 3,1 | 1,9 |
| 2014 | 3,8 | 2,5 | 3,7 | 2,6 | 1 | | | | | 1,9 | 4,5 | 4,8 |
| 2015 | 2,5 | 3,5 | 3,4 | 2,3 | 3,5 | | | | 1,4 | 0 | 2,3 | 2,8 |
| 2016 | 4,8 | 3 | 3 | 0,8 | 2 | 0,5 | | 0 | | 0,3 | 3 | 1,9 |
| Середня | 4,1 | 3,0 | 3,2 | 2,4 | 1,6 | 0,5 | | 0,0 | 1,4 | 1,2 | 3,2 | 2,9 |
| Ннмх < 30 м | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 9,2 | 1 | | 1 | | | | | | 2,3 | | 3,2 |
| 2014 | 0,9 | 1,5 | | | | | | | | | | 0,7 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | 0,8 |
| 2016 | | 1,7 | | | | | | | | 0,4 | | |
| Середня | 5,1 | 1,4 | | 1 | | | | | | 1,4 | | 1,6 |

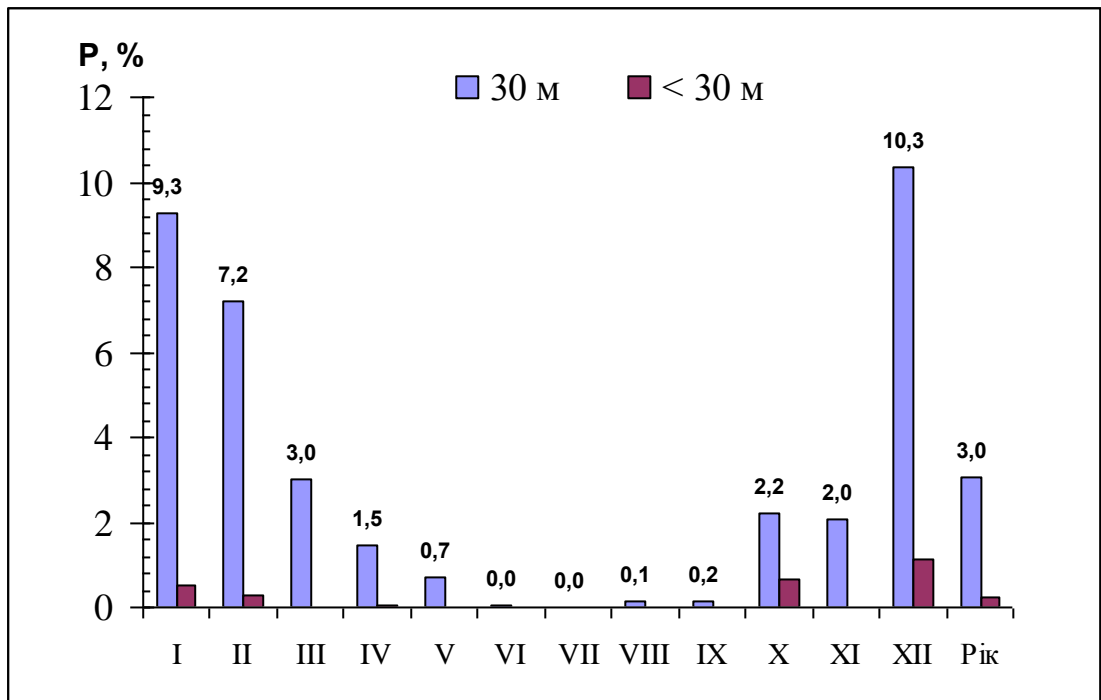


Рис. 2.8. Повторюваність (%) зниження $N_{\text{НМХ}}$ до 30 м і нижче над Одесою

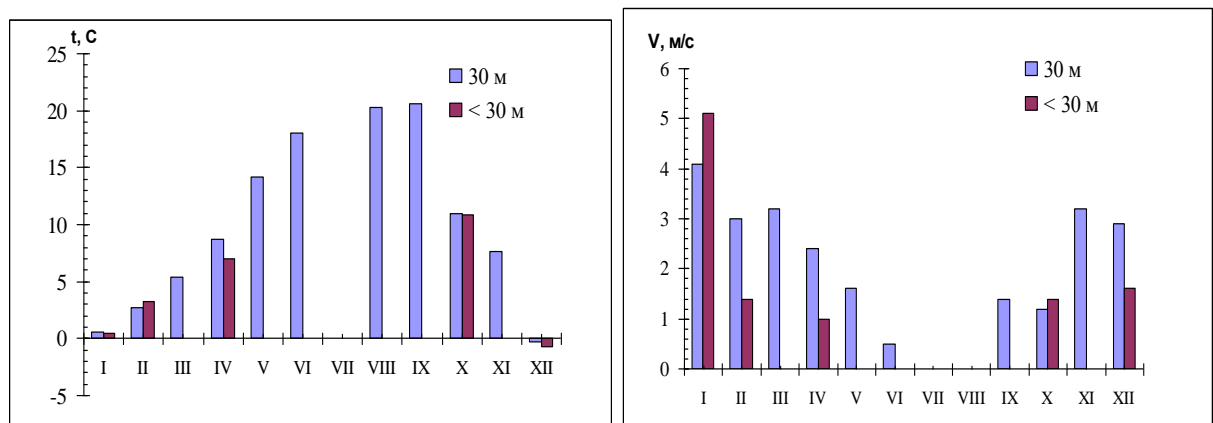


Рис. 2.9. Середня температура та швидкість вітру під час зниження $N_{\text{НМХ}}$ до 30 м і нижче над Одесою

нижче в залежності від пори року. Стає очевидно, що такі умови виникали в холодний період року, з найбільш інтенсивним є їх формування в зимові місяці. В теплий період року зниження хмарності до 30 м та нижче було дуже рідкісним явищем, а у липні і зовсім відсутнє. Взагалі така низька хмарність в основному супроводжувалася погодними явищами, що обмежували

видимість: туманами, мрякою та серпанком, що в основному виникали вночі і вранці, а також поодинокими випадками хуртовин взимку.

Якщо ж говорити про температурний і вітровий режим (табл.2.7), то побудувавши діаграми (рис.2.9), можна зробити висновок, що при зниженні хмарності до 30 м і нижче температура майже завжди була плюсовою, що притаманно виникненню туманів. Швидкість вітру під час зниження хмарності не перевищувала 5 м/с, а у сполученні з туманами зменшувалася до штилю. В середньому швидкість вітру при вказаних градаціях хмарності становила 2,0 та 2,5 м/с, тобто панував слабкий вітер. Напрямок вітру змінювався в широкому діапазоні, особливо при хуртовинах.

3 СИНОПТИЧНІ УМОВИ УТВОРЕННЯ НИЗЬКОЇ ХМАРНОСТІ

3.1 Аналіз синоптичних процесів 16-18 січня 2016 р.

Погоду на південному-заході України 17 січня 2016 р. визначала серія південних циклонів з Адріатики, а також арктичним і полярним фронтом. Переміщення цих циклонів відбувалося згідно орієнтації основного потоку та проходження ВФЗ над півднем Східної Європи (рис. 3.1).

Арктична та полярна ВФЗ з району Великобританії проходили у напрямку північно-західної частини Африки з інтенсивністю 36 дам/1000 км, що забезпечило проходження двох фронтальних розділів на відстані 500 км. Далі ВФЗ на півночі африканського континенту змінює напрямок з північно-західного на південно-західний та прямує до центральних районів ЄТР, де утворює хвилю і знов приймає північно-західний напрямок (рис. 3.2)

Над Україною спостерігається ділянка ВФЗ з інтенсивністю 30 дам/1000 км, що зумовлює проходження арктичного і полярного фронту на відстані 500–600 км. Впродовж першої половини доби 17 січня 2016 р. спостерігалось посилення інтенсивності ВФЗ до 32 дам/1000 км, відбулося збільшення її розмірів, а напрямок стає більш меридіональним і фронтальні розділи наближуються один до одного на відстань 200–300 км.

Безпосередньо над районом Одеси виявилась вісь струминної течії, що спричинила сильні пориви вітру від 15–23 м/с. Циклон, що спричинив несприятливі погодні умови в Одесі і взагалі на південному-заході України 17.01.2016 р. знаходився над Середземним морем, з центром над Грецією і переміщувався на північний схід з середньою швидкістю 20-25 км/год внаслідок блокуючого впливу гребня антициклону з центром над Німеччиною. Також на полярному фронті під впливом цього ж гребня антициклону с заходу впродовж 17–18 січня 2016 р. із загостренням атмосферних фронтів виникла хвиля.

Подальше переміщення циклонів привело до значного погіршення погодних умов на південному-заході України, спричинивши сильні снігопади, низові хуртовини, заметілі, зниження температури повітря майже на 10 С⁰, суцільну низьку хмарність в 10 балів і зниженню вертикальної видимості до 30 м над землею

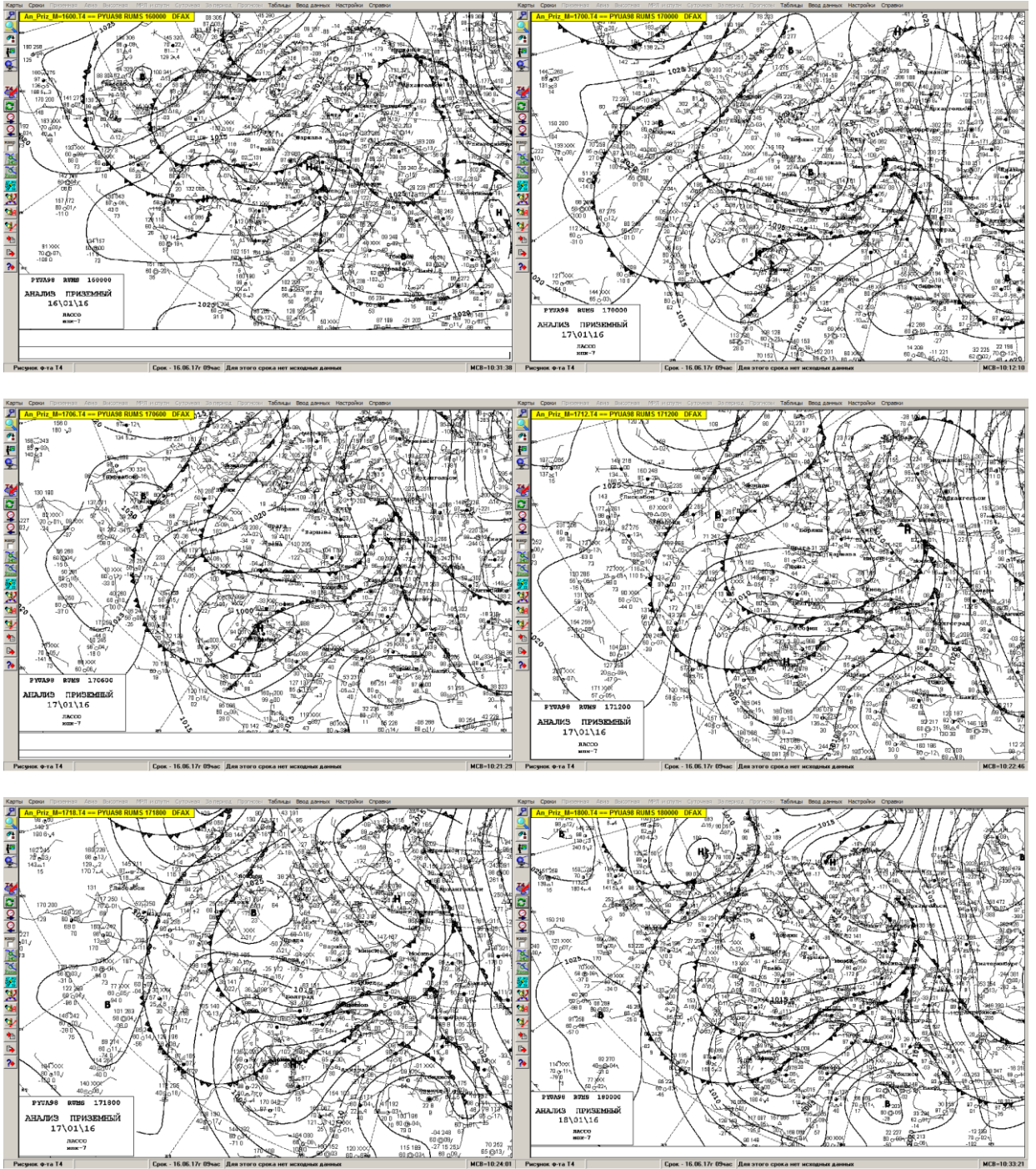


Рис. 3.1. Приземний аналіз 16 січня у 00 UTC, 17 січня у 00-18 UTC та 18 січня у 00 UTC

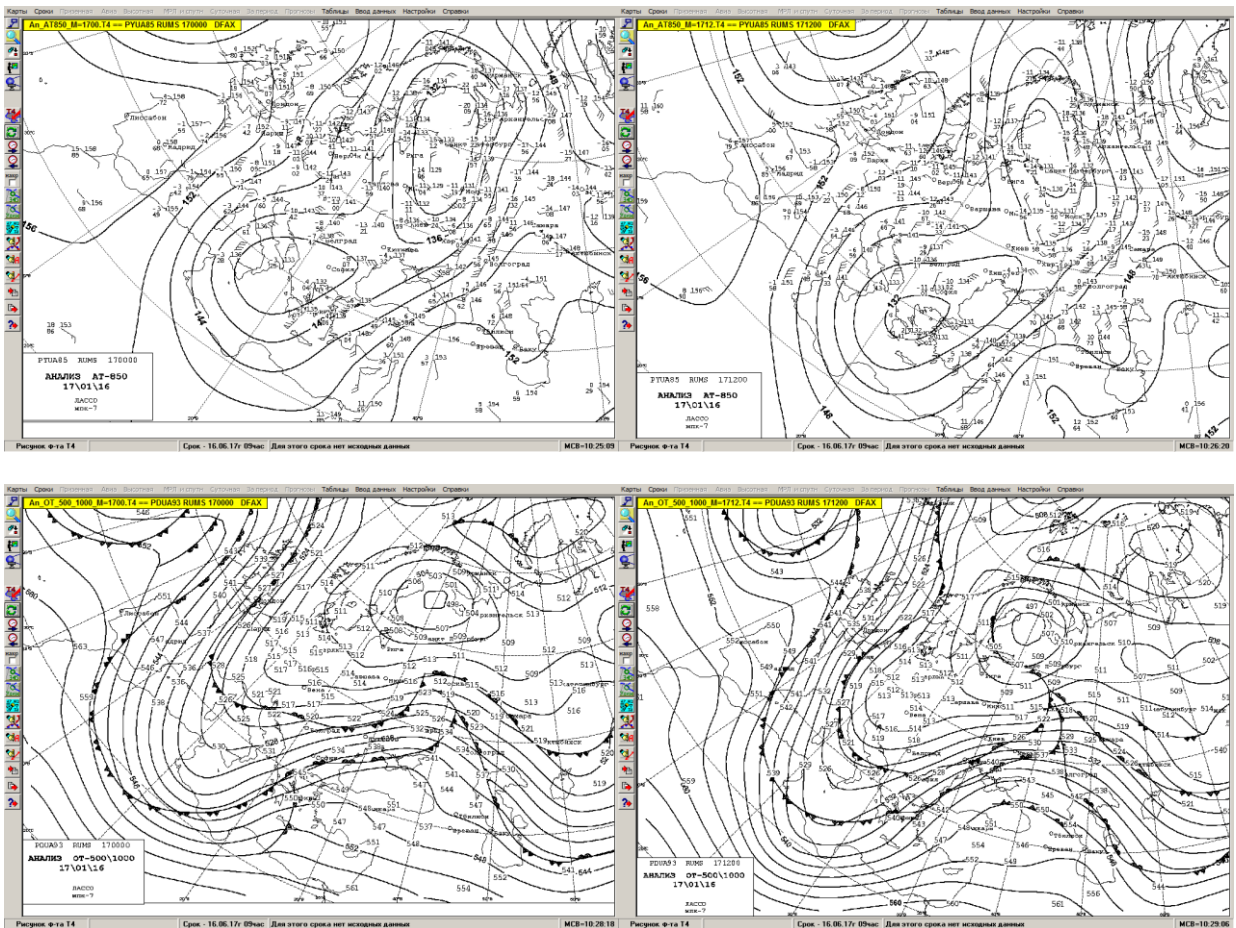


Рис. 3.2. Карти АТ-850 та ВТ 500/1000 17 січня 2016 р. у 00 і 12 UTC

Кількість опадів, що випало за 17–18 січня 2016 р. склало 53 мм. Внаслідок такої складної синоптичної ситуації було припинено роботу міжнародного аеропорту Одеси, морських портів і заблоковано рух автотранспорту в Одесі і області, багато населених пунктів залишилися без світла.

3.2 Прогноз низької хмарності для холодного півріччя над Одесою

Низька хмарність, частіше за все, виникає в холодний період року, коли температура підстильної поверхні близька до 0°C або від'ємна. Повторюваність низької хмарності збільшується при адвекції вологого і теплого повітря над холодною підстильною поверхнею.

Імовірність з'явлення низьких хмар можна визначити за прогнозом температури повітря біля поверхні землі за допомогою графіка,

запропонованого А.К. Лугченко (рис. 3.3), де на осі абсцис цього графіка відкладена температура повітря, на осі ординат - прогностична температура ($T_{пр}$) на добу вперед. Криві на цьому графіку показують імовірність (%) виникнення низьких хмар висотою менше 200 м.

На основі цього графіка, використовуючи значення прогностичної температури, можна передбачити виникнення або збереження низьких хмар або туману в ранкові години наступної доби. Графіком користуються наступним чином. З точки, що відповідає фактичній температурі, необхідно опуститися вертикально донизу, а із точки, що відповідає прогностичній температурі, переміститися вліво паралельно осі абсцис до перетину з ізолінією температури. В місці перетину визначають імовірність виникнення або збереження низьких хмар.

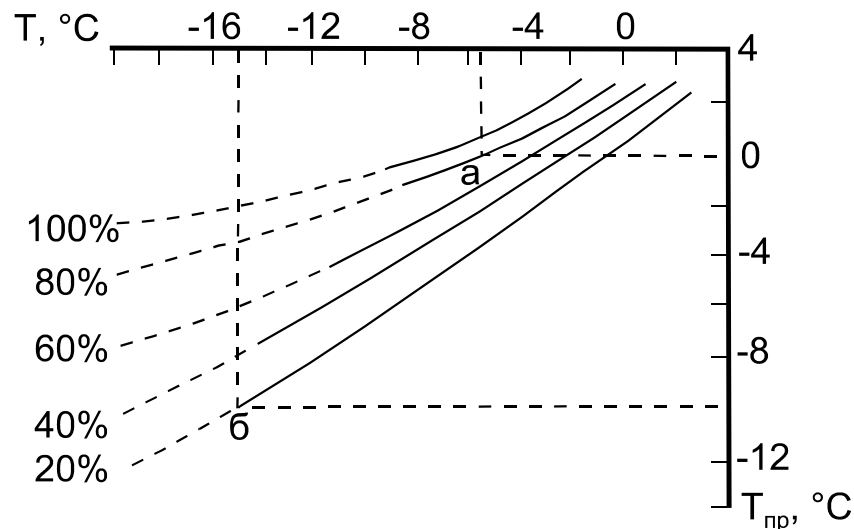


Рис. 3.3. Графік для визначення імовірності появи хмар висотою менше 200 м (за методом А.К. Лугченко) [1]

В ході дослідження була зроблена вибірка випадків, коли хмарність знижувалася нижче 30 м для холодного півріччя у кількості 125 епізодів. Далі створений масив даних зі значень температури повітря за добу та у момент зниження хмарності, яку ми враховували прогностичною за аналогією з методом А.К. Лугченко.

В результаті був побудований рис. 3.4, на якому виявилася зона, при попаданні до якої утворювалася хмарність з нижньою межею менш 30 м.

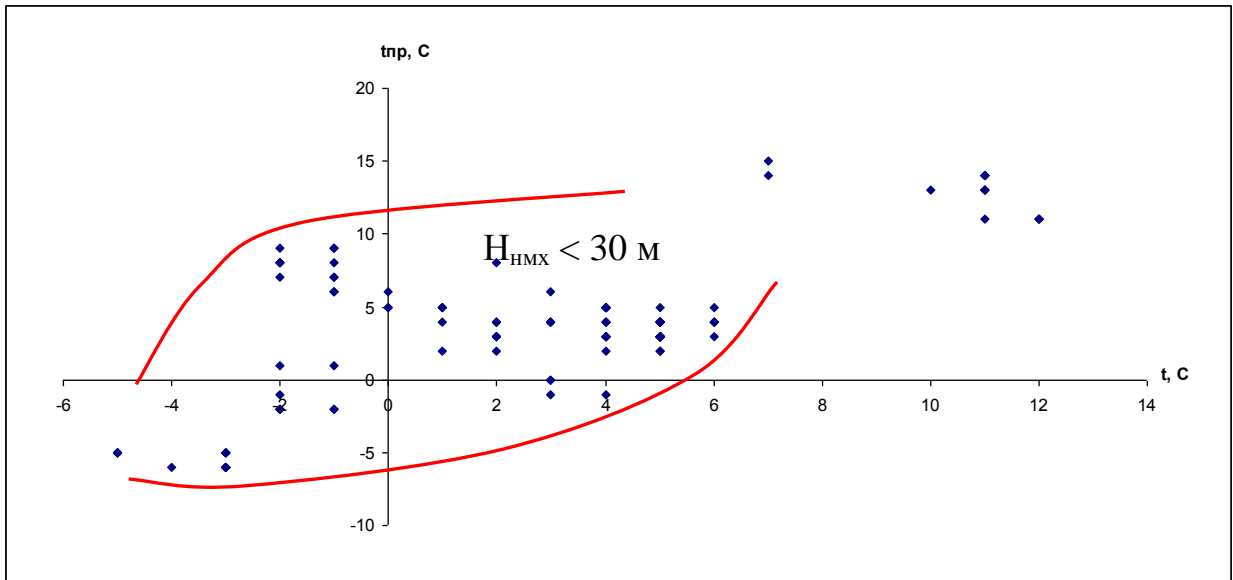


Рис. 3.4. Графік емпіричної залежності між зміною температури та появою хмар з висотою нижньої межі менше 30 м над Одесою

Запропонована залежність між очікуваною зміною температури повітря та зниженням хмарності потребує уточнення та більш ретельного методичного обґрунтування, врахування чинника вологості, але навіть у теперішньому стану її справджуваність на залежному матеріалі склала 80 %.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи отримані наступні висновки:

1. По відношенню до загальної хмарності, що спостерігалася у цей період над територією аеропорту, частка низької хмарності становила 24,6 %. У грудні зафіксовано найбільш інтенсивне формування низької хмарності на висоті до 30 м від поверхні землі. Найменша кількість випадків низької хмарності спостерігалася в теплий період року, а з мінімумом у серпні.

2. На території аеропорту Одеса найчастіше (25-35 %) спостерігається суцільна низька хмарність у холодне півріччя, а з квітня по вересень найбільш характерною картиною є відсутність суттєвої хмарності (80-95 %).

4. Значних відхилень у формуванні хмарності від кліматичні даних по півдню України [4] над Одесою не виявляється.

5. За період спостережень з 2013 по 2016 роки в аеропорту Одеси зниження хмарності до висоти 30 м зафіксовано в середньому у 3% від загальної кількості спостережень, а нижче 30 м – близько 0,2 %, отже подібна небезпечна для польотів погода над Одесою формувалася дуже рідко та переважно взимку у супроводі туманів, серпанків та хуртовин.

6. При зниженні хмарності до 30 м і нижче температура майже завжди була плюсовою, що притаманно виникненню туманів. Швидкість вітру під час зниження хмарності не перевищувала 5 м/с, а у сполученні з туманами зменшувалася до штилю. В середньому швидкість вітру при вказаних градаціях хмарності становила 2,0 та 2,5 м/с, тобто панував слабкий вітер.

7. Переміщення циклонів з Адриатичного моря на південь України призвело до значного погіршення погодних умов в регіоні, спричинивши сильні снігопади, низові хуртовини, заметілі, зниження температури повітря майже на 10 °С, суцільну низьку хмарність в 10 балів і зниженню вертикальної видимості до 30 м над землею

8. Запропонована залежність між очікуваною зміною температури повітря та зниженням хмарності потребує уточнення та більш ретельного методичного обґрунтування, врахування чинника вологості, але навіть у теперішньому стану її справджуваність на залежному матеріалі склала 80 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Івус Г.П., Боровська Г.О. Практикум з авіаційної метеорології: навч. посібник. – Одеса: Екологія, 2006. – 224 с.
2. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Авіаційна метеорологія. – Конспект лекцій – Дніпропетровськ: Економіка, 2006. – 140 с.
3. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Авіаційна метеорологія та кліматологія. – Конспект лекцій – Одеса: Екологія, 2008. – 208 с.
4. Клімат України. Під ред. Ліпінського В.М. К.: Видавництво Раєвського, 2003 - 343 с.
5. Кліматичний кадастр України. – Київ, 2002. – 446 с.
6. Правила метеорологічного забезпечення авіації. – 2006. – 224 с.
7. Офіційний сайт міжнародної організації цивільної авіації - <http://www.icao.int/>
8. Офіційні документи ІКАО - <http://aviadocs.net/icaodocs/Docs>
9. Український гідрометеорологічний центр - <http://meteo.gov.ua>.
10. <http://rp5.ru> / Архів погоди на АМСЦ Одеса
11. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Одеса>
12. <http://www.odessaguide.net/>
13. Атлас облаков. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 267 с.
14. <http://www.ua-maps.com/>

Додаток А

кафедри метеорології та кліматології
на магістерську роботу студентки гр. МНЗ-6 з/ф
факультету магістерської та аспірантської підготовки ОДЕКУ

Тарасенко Кіри Валеріївни

Тема магістерської роботи: «Вплив низької хмарності
на польоти в районі Одеси»

Кваліфікаційна магістерська робота виконана в рамках науково-дослідної роботи «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532).

к.геогр.н., доц.

Семергей-Чумаченко А.Б.