

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему «Особливості формування туманів на АМСЦ Чернівці»

Виконав магістр 2 курсу групи МНЗ-ІІ М з/ф
спеціальності 103 - “Науки по Землю”
Велечук Валерій Танасійович

Керівник к.геогр.н., доцент
Нажмудінова Олена Миколаївна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Барсукова Олена Анатоліївна

Одеса - 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ Магістерської та аспірантської підготовки _____
Кафедра _____ метеорології та кліматології _____
Рівень вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 103 “Науки про Землю” _____
Освітня програма _____ Метеорологія _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Івус Г.П.

_____ “29” жовтня 2018 року _____

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Велечуку Валерію Танасійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Особливості формування туманів на АМСЦ Чернівці
керівник роботи Нажмудінова Олена Миколаївна к.геогр.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від №271“С” від 05 жовтня 2018р.

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 р.

3. Вихідні дані до роботи: книжки метеоспостережень КМ-1, щоденники погоди АВ-6 за період 2013-2017рр. за даними АМСЦ Чернівці; результати наземних метеорологічних спостережень; дані температурно-вітрового зондування; карти, таблиці і зведення про штормові явища погоди та СГЯ; дані системи Internet.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вибір, аналіз та систематизація наукової літератури за напрямком дослідження. 2) Формування вибірки вихідної інформації повторюваності туманів у 2013-2017 рр. на АМСЦ Чернівці. 3) Визначення статистичних характеристик туманів: річного, сезонного, місячного розподілу; повторюваності туманів за типами, характеристик видимості та ходу метеовеличин при туманах. 4) Проведення порівняльного аналізу результатів дослідження з середньостатистичними показниками. 5) Дослідження циркуляційних умов формування небезпечних явищ погоди, пов'язаних з туманами.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- таблиці статистичних характеристик повторюваності туманів;
- гістограми, діаграми повторюваності туманів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			У %	За 4-х бальною шкалою
1	Огляд наукової літератури за темою дослідження.			
	Формування теоретичної частини роботи.	05.11.2018	100	відмінно
2	Вибір вихідних даних, робота з архівними матеріалами. Робота в мережі Internet, пошук			
	необхідної інформації.	10.11.2018	100	відмінно
3	Складання таблиць, додатків, побудова гістограм.	19.11.2018	100	відмінно
	Рубіжна атестація	19-24.11.2018	100	відмінно
4	Дослідження статистичних характеристик повторюваності туманів. Аналіз небезпечних явищ,			
	пов'язаних з туманами.	03.12.2018	100	відмінно
5	Складання висновків. Кінцеве редагування			
	тексту. Підготовка презентації і доповіді до захисту матеріалів магістерської роботи.	10.12.2018	100	відмінно
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			100	відмінно

Студент _____
 (підпис)

Велечук В.Т.
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
 (підпис)

Нажмудінова О.М.
 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Особливості формування туманів на АМСЦ Чернівці».

Автор: Велечук Валерій Танасійович.

Актуальність дослідження формулюється тим, що тумани є одним з небезпечних явищ погоди для різних галузей народного господарства і найбільш небезпечним для авіації.

Мета роботи: встановлення особливостей формування туманів на аеродромі Чернівці та впливу місцевих умов на статистичні характеристики туманів.

Відповідно до поставленої мети розв'язано наступні **задачі:**

- проведено аналіз місячної, сезонної, річної повторюваності туманів;
- визначено розподіл туманів за типом формування;
- встановлені характеристики видимості і тривалості туманів;
- виділено особливості температурного і вітрового режиму при туманах;
- досліджено розподіл ожеледно-паморозевих явищ у періоди з туманами;
- визначено відмінності сучасної повторюваності туманів на АМСЦ Чернівці у порівнянні з середньостатистичними даними.

Об'єкт дослідження: туман.

Предмет дослідження: статистичні характеристики туманів.

Методи дослідження: просторово-часове узагальнення даних, кліматичний та фізико-статистичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі використані дані розподілу туманів на АМСЦ Чернівці в останній період: 2013-2017 рр. Визначено відмінності процесів туманоутворення в умовах змін регіонального клімату.

Практичне значення отриманих результатів. Статистичні характеристики розподілу туманів можуть бути використані для уточнення прогностичних методик, для покращення якості авіаційних прогнозів, вивченні питань забруднення нижніх шарів атмосфери.

Магістерська кваліфікаційна робота в обсязі 48 сторінок складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 23-х джерел, 2-х додатків, містить 9 рисунків та 4 таблиці в основному тексті.

Ключові слова: туман, видимість, повторюваність, тривалість, ожеледь.

SUMMARY

Theme of master's qualification works «Features of Fog Formation at Chernivtsi Civil Aviation Weather Station».

Author: Velechuk Valerii.

The relevance of the study is formulated in that fog is one of the dangerous weather phenomena for various sectors of the economy and the most dangerous for aviation.

Objective: the establishment of the peculiarities of the formation of fogs at the Chernivtsi airfield and the influence of local conditions on the statistical characteristics of fogs.

According to the stated goal the **following tasks** were accomplished:

- an analysis of the monthly, seasonal, annual repetition of fogs was conducted;
- the distribution of fogs by the type of formation is determined;
- the characteristics of the visibility and duration of fogs are set;
- features of temperature and wind conditions at fogs are singled out;
- the distribution of complex sediments during periods with fogs is investigated;
- the differences of modern recurrence of fogs at the Chernivtsi airfield are determined in comparison with the average data.

Object of study: fog.

Subject of research: statistical characteristics of fogs.

Research methods: spatial-temporal generalization of data, climatic and physico-statistical analysis.

The scientific novelty of the obtained results. The work uses fog distribution data at the Chernivtsi airfield in the last period: 2013-2017. Differences in the processes of formation of fogs in conditions of regional climate change are determined.

Practical significance of the obtained results. The statistical characteristics of the distribution of fogs can be used to specify prognostic techniques, to improve the quality of aviation forecasts, to study issues of pollution of the lower layers of the atmosphere.

Master's qualification work in volume 48 pages consists of 4 sections, conclusions, list of references from 23 sources, two annexes, contains 9 figures and 4 tables in the main text.

Keywords: fog, visibility, repeatability, duration, sediments.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальна характеристика району дослідження.....	8
2 Основні відомості про процеси туманоутворення.....	12
2.1 Визначення та класифікації.....	12
2.2 Циркуляційні умови виникнення туманів	14
3 Характеристики видимості при метеорологічному забезпеченні авіації.....	18
4 Дослідження повторюваності туманів на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр.....	22
4.1 Аналіз статистичних показників.....	22
4.2 Формування небезпечних явищ погоди, пов'язаних з туманами.....	33
Висновки.....	38
Перелік посилань.....	40
Додаток А. Довідка.....	42
Додаток Б. Синоптичні карти погоди.....	43

ВСТУП

У даній магістерській роботі досліджуються процеси туманоутворення на АМСЦ Чернівці.

Питання вивчення є актуальним для багатьох галузей народного господарства, оскільки тумани при визначених критеріях відносяться до небезпечних явищ погоди. Туман є стихійним метеорологічним явищем при видимості <100 м за інтервал часу ≥ 12 год, і небезпечним явищем при видимості ≤ 500 м і тривалості >3 год.

Туман - це скупчення продуктів конденсації водяної пари, дрібних крапель води, кристалів льоду або їхньої суміші у приземному шарі атмосфери при горизонтальній видимості менше 1 км хоча б в одному напрямку.

Обмежена видимість в тумані і при низькій хмарності є одним з основних метеорологічних факторів, які ускладнюють діяльність авіації: виникають труднощі при посадці і зльоті, управлінні літаком, пілотуванні, візуальному спостереженні і орієнтації і т.п. Саме тому, для забезпечення безпеки польотів важливу роль грає точність прогнозу видимості та явищ погоди, що погіршують видимість.

При туманах ускладнюється функціонування залізничного, річково-морського транспорту, зупиняється рух на автострадах. Характеристики просторово-часового розподілу туманів використовуються при вивченні питань теплового балансу підстильної поверхні, забруднення нижніх шарів атмосфери, будівництва висотних і геліотехнічних споруджень.

У зв'язку з цим актуальною є задача статистичного дослідження туманів. Вирішення цієї задачі сприяє підвищенню якості прогнозу, уточненню прогностичних методик, виявленню найбільш важливих факторів формування і розвитку туманів. Недолік зведень про просторову і часову мінливість параметрів туманів значно ускладнює ефективне прогнозування цього небезпечного явища.

Туман відмічається на всій території України, при цьому місцеві чинники сприяють, як виникненню туману, так і його інтенсивності. На заході країни важливу роль у виникненні туману відіграє орографічний фактор. В Українських Карпатах спостерігається найбільше число днів з туманом, при цьому на підвітряній стороні гір та височин повторюваність туману значно зменшується.

Загалом у Чернівцях середньостатистичні показники виділяють найбільшу повторюваність до 90 днів з туманами на рік (середня річна - 68 днів), з максимумом повторюваності з листопада по січень і мінімумом – з травня по серпень.

Метою роботи є визначення особливостей формування туманів на аеродромі Чернівці та впливу місцевих умов на статистичні характеристики туманів.

У якості методів дослідження використовувалися просторово-часове узагальнення даних, кліматичний та фізико-статистичний аналіз.

В якості вихідних даних використано книжки метеоспостережень КМ-1 та щоденники погоди АВ-6 за період 2013-2017рр. за даними АМСЦ Чернівці.

Робота складається з чотирьох розділів. Кліматичний опис станції наведений у першому розділі. Розділ 2-3 формулює загальні теоретичні відомості про тумани, класифікації, циркуляційні умови формування, вплив на авіацію.

Практична частина представлена у розділі 4. Опрацьовано великі масиви вихідних даних; детально проаналізована і систематизована повторюваність туманів, визначені характеристики тривалості, видимості в тумані, встановлені особливості річного, сезонного та місячного ходу, розподіл метеовеличин при процесах туманоутворення, зв'язок із супутніми явищами погоди.

Обрана для дослідження тема знаходиться в рамках бюджетної кафедральної тематики «Динаміка зональних екстремальних погодних явищ та їх чисельне моделювання в змінних кліматичних умовах в Україні» №0116u002403 (додаток А).

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Клімат Чернівецької області зумовлений її розташуванням в помірних широтах і впливом гірської системи Карпат. Загалом він досить м'який та вологий, але складний рельєф спричиняє деякі відмінності клімату в різних районах – рис.1.1. Наприклад, на сході він більш континентальний, а в передгір'ї і горах стає суворішим за рахунок прохолодного і короткого літа.

Чернівці – обласний центр, знаходиться в Прикарпатті, на границі між Карпатами і східноєвропейською рівниною. Місто розташоване в долині р.Прут на висотах від 100 до 250 м над рівнем моря. У північній частині міста в Прут упадає ріка Шубранець.

Значна частина Чернівців являє собою передгірську горбисту рівнину сильно розчленовану долинами річок і балками, в північній частині території зустрічаються карстові воронки (глибиною від 2 до 15 м, діаметром 10-15 м). Долини широкі, їх схили порізані вимоїнами і ярами (ширина від 5 до 30 м, глибина від 2 до 15 м, крутизна схилів 10-45°), у багатьох місцях на поверхню виходять вапнякові породи. У південно-західній частині території місцевість гориста (абсолютні висоти 600-1300 м, найвища точка - гора Осередок, 1365 м). Гребені гір, як правило, округлі і широкі, схили круті (до 40°), місцями кам'яністі. Місто розташоване в помірному поясі, клімат - помірно континентальний з м'якою зимою і теплим літом [1].

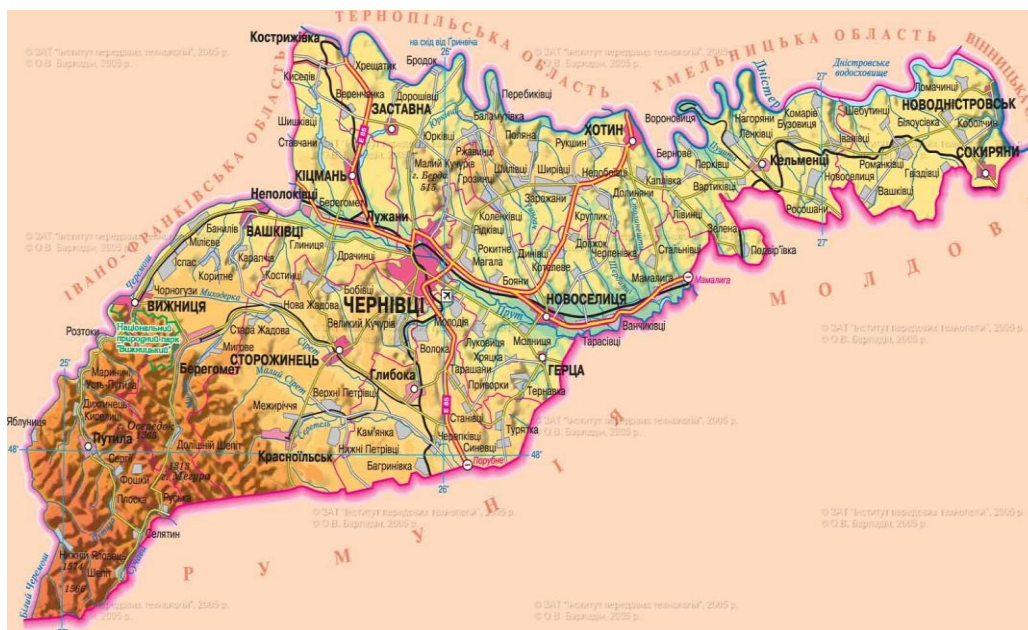


Рис.1.1. Географічна карта Чернівецької області

У гірській частині області температура повітря значною мірою залежить від висоти місця та складності рельєфу. Ізотерми в Карпатах мають складні обриси, повторюючи напрямки гірських долин і хребтів. У холодну пору року часто наявна інверсія температури. Велика кількість відлиг пов'язана, як з проникненням на територію області з заходу і південного заходу теплих мас повітря морського походження, так і з інсоляційним прогріванням. Приблизно в 1/3 усіх зим внаслідок частих відлиг у рівнинній частині області стійкий сніговий покрив не утворюється взагалі, а в горах він відсутній лише в окремі зими. Найвищі температури пов'язані зі східними вітрами, які приносять дуже нагріті маси континентального повітря, спостерігається помітне підвищення температури по долинах Дністра, Пруту і частково Сірету.

Вітри західних напрямків з Атлантики приносять на територію області основну масу вологи. Східні вітри взимку обумовлюють зниження температури повітря, а влітку - зменшення його вологості та підвищення температури. У рівнинній частині області протягом року панує західно-східне перенесення повітряних мас. Найбільш часті для області, крім гірських районів, північно-західні вітри. У Карпатах напрямок вітру визначається напрямком гірських долин. В гірській частині області спостерігаються місцеві вітри - фени та долинно-гірські.

Циклони найчастіше пов'язані з ісландським мінімумом або з середземноморським відгалуженням полярного фронту; найактивніша циклонічна діяльність в холодну пору року. На території Чернівецької області опади звичайно фронтального походження. Траєкторії циклонів, з якими вони пов'язані, звичайно проходять за межами області. Особливо багато опадів випадає при деформації і загостренні атмосферних фронтів над Карпатами, а також при проходженні через них кількох систем фронтів.

На території Чернівецької області спостерігаються наступні атмосферні явища: тумани, ожеледь, мряка, хуртовини, грози, град.

На рівнинній частині області в середньому за рік буває 50 днів з туманами. У горах, при загальному зменшенні їх до 20-30 днів за рік, кількість туманів визначається рельєфом, зокрема розміщенням гірських долин відносно пануючих вітрів, висотою гір і лісистістю. В окремі роки кількість днів з туманами може бути дуже великою: в Чернівцях - до 84, а в Селятині - до 93. Причому на рівнині збільшення днів з туманами відбувається за рахунок зимових, а в горах — літніх місяців. У деякі роки кількість днів з туманом може знижуватись до 10 [18].

Міжнародний аеропорт Чернівці – це аеропорт у південно-західній частині України, у 30 км від границі з Румунією, в межах однойменного міста. Аеропорт Чернівці розташований в п'яти кілометрах на південний схід від центру міста на лівому березі р. Прут. Висота аеродрому над рівнем моря 242 м, тип – цивільний, часовий пояс UTC+2, ІКАО: UKLN.

У розпорядженні аеропорту є дві злітно-посадкові смуги (ЗПС): основна 15/33, використовується в повсякденній роботі з прийому і відправлення повітряних суден, покриття асфальтобетонне, фізичні розміри: 2216 м у довжину і 42 м у ширину, по несучій здатності відноситься до класу 2 (PCN 21/F/D/W/T) і дозволяє приймати літаки типу: АН-12, ЯК-42, ТУ-134, Б-737, А-320. Додаткова смуга - ґрунтова, розташована паралельно основній, у роботі аеропорту не використовується. Аеродром придатний для експлуатації повітряних суден цілий рік без обмежень у світлий і темний час доби. Пропускна здатність складає 12 злетів-посадок за годину. Світлосигнальне устаткування, приводні радіостанції і курсо-глісадна система дозволяють здійснювати безпечно виконання польотів в умовах поганої видимості (по метеомінімуму 60x800 м зліт 250 м) [23].

Загальний характер території аеродрому - горбистий. З південного заходу розташовані Карпати, відроги яких оточують місцевість напівкільцем (з південного сходу, південного заходу та північного заходу). Висота цих височин 341-545 м над рівнем моря. Найбільша височина – г. Цецино (540 м над рівнем моря) знаходиться на відстані 10 -11 км на північний захід.

В 5-6 км від аеродрому з північного заходу на південний схід протікає р.Прут, яка суттєво впливає на утворення в районі аеродрому туманів. З північного сходу ширина ріки 60-70 м, на всій протяжності басейн обмежений височинами, з перевищеннями над нею від 40 до 80 м.

Місцевість, яка оточує аеропорт, покрита сільськогосподарськими угіддями, окремими лісовими масивами, найближчі з яких розташовані на височинах в 11 км від аеропорту в північно-західному напрямку. В північно-східному напрямку на віддаленні 1,5 км знаходиться вул. Руська з багатоповерховими забудовами. На відстані 500 м з півночі на південний захід простягається лісопарк, сади та житлові будинки.

Аеропорт Чернівці розташований в зоні помірно-континентального клімату, у лісостеповій зоні. На клімат значний вплив мають Карпати. Це особливо різко виражено в переважанні північно-західних та північно-східних вітрів і підвищеній кількості опадів порівняно з рівнинними територіями.

Середня багаторічна температура повітря складає $9,3^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший місяць – січень, з середньомісячними показниками $-3,0^{\circ}\text{C}$ та мінімумом $-5,8^{\circ}\text{C}$. Найтепліший місяць - червень, середня місячна температура $21,9^{\circ}\text{C}$, максимум - $36,7^{\circ}\text{C}$. Середня тривалість безморозного періоду складає 197 днів.

Середня річна сума опадів - 608 мм. Найбільш вологий місяць - червень, мінімальна кількість опадів припадає на січень. В середньому за рік нараховується 151 день з опадами.

Середня дата появи снігового покриву – 19 листопада, остаточно встановлюється сніговий покрив в кінці грудня, руйнується в першій декаді березня. Середня висота снігового покриву – 13 см.

Середня річна відносна вологість повітря в районі Чернівців складає 79%. В зимові місяці досягає максимальних значень – 88% в грудні та 84% – в січні, лютому. Весною найменше значення – 69% в квітні, травні.

Середня річна швидкість вітру складає $3,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. переважаючими є північно-західні вітри з максимумом швидкості в липні, південно-східні з максимумом в листопаді.

Ясних днів за рік в середньому 71: весною – 16, літом – 23, восени – 22, взимку – 10. Похмурих днів за рік спостерігається 122: весною – 31, літом – 17, восени – 29, взимку – 46 (рис. 1.2) [1].



Рис. 1.2. Схема метеомайданчика АМСЦ Чернівці

2 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕСИ ТУМАНООУТВОРЕННЯ

2.1 Визначення та класифікація

Туман – це помутніння повітря в приземному шарі, викликане зваженими в ньому краплями води, крижаними кристалами або їхньою сумішшю, при горизонтальній видимості <1 км хоча б в одному з напрямків.

Туман може утворюватись тільки після насичення або навіть деякого перенасичення повітря водяною парою, тобто за відносної вологості повітря 100% для водяної пари і менше 100% для льодяного туману. Водність туману залежить від розміру і числа крапель або льодяних кристалів туману в одиниці об'єму. Туман - це безперервний процес конденсації, випаровування та випадіння крапель [7-10, 12-13, 15, 17, 19, 21].

Відповідно до фізичних причин виникнення розрізняють види туманів:

1.Тумани охолодження:

- радіаційні (поземні, низькі і високі);
- адвективні;
- адвективно-радіаційні;
- орографічні (гірських схилів, адіабатичні).

2.Тумани випаровування:

- випаровування водойм (випаровування арктичних морів, осіннє чи зимове випаровування рік, озер, внутрішніх морів, а також випаровування крапель теплої дощу в холодному приземному шарі);
- змішання (берегові);
- водяний пил (водоспадів, морського прибою і т.п.).

3.Тумани, пов'язані з діяльністю людини:

- міські;
- морозні (селищні пічні, аеродромні);
- штучні.

В залежності від вертикальної протяжності виділяють тумани:

- поземні - висота верхньої границі до 2 м,
- низькі - від 2 до 10 м,
- середні - від 10 до 100 м,
- високі - більше за 100 м.

За погіршенням горизонтальної видимості тумани класифікують як:

- слабкі (500-1000 м),
- помірні (200-500 м),
- сильні (50-100 м),
- дуже сильні (менше 50 м).

Відповідно до синоптичних умов виникнення розділяють тумани внутрішньомасові і фронтальні.

До внутрішньомасових туманів відносять тумани охолодження і тумани випаровування, які утворюються при насиченні холодного повітря над теплою водою.

Фронтальний туман виникає у зоні атмосферних фронтів, він обумовлений адвекцією теплого вологого повітря і насиченням холодного підфронтального повітря опадами з фронтальних хмар. Спостерігається у порівняно вузьких зонах поблизу теплих фронтів і переміщується разом з ними, тому у кожному окремому пункті тривалість туману незначна.

Радіаційний туман утворюється над сушею при безхмарному небі і слабкому вітрі (або штилі) в результаті охолодження повітря, коли його температура стає нижче температури туманоутворення. Для утворення туману сприятливе слабке збільшення швидкості вітру з висотою. Такі умови сприяють турбулентному переносу продуктів конденсації від земної поверхні вгору і підтримці у зваженому стані в приземному шарі повітря; в процесі перемішування вертикальна потужність туману збільшується.

Швидкість вітру при туманах з висотою може посилюватися: на висоті 100 м до $5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; 300 м - до $7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; 800-1000 м - до $9-10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Улітку переважають поземні, низькі і середні тумани, а узимку - високі.

Горизонтальна довжина туману прямо пропорційна товщині шару туману. Найменшу горизонтальну довжину мають поземні тумани, а найбільшу - високі тумани, що поширюються на сотні кілометрів.

Адвективний туман виникає під час переносу теплого і вологого повітря на холодну підстильну поверхню. Туман формується над більш холодною підстильною поверхнею на відстані 20-100 км від межі між холодною і теплою морською течією, між сушею і морем, між вологим, не покритим снігом ґрунтом, і сніжним покривом при швидкості вітру на висоті 10 м не більш $12 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Адвективні тумани можуть спостерігатися в будь-який час доби. У чистому виді вони спостерігаються тільки над морем.

Адвективно-радіаційні тумани утворюються над охолодженою сушею в холодну пору року, вночі при слабкій адвекції теплого повітря. Швидкість

вітру в приземному шарі повітря складає $1-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, рідко $3-4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Додаткова конденсація водяного пару відбувається за рахунок радіаційного охолодження теплого повітря у приземному шарі, чому сприяє повне прояснення хоча б на короткий проміжок часу або незначна тонка хмарність.

Туман є стихійним метеорологічним явищем при видимості $<100 \text{ м}$ за інтервал часу ≥ 12 год [7-10, 12-13, 15, 17, 19, 21].

2.2 Циркуляційні умови виникнення туманів

Туман триває до того часу, коли туманоутворювальні чинники переважають над одночасно діючими туманорозсіювальними або перебувають з ними у рівновазі. Найчастіше туман розсіюється внаслідок зміни синоптичного процесу і радіаційного нагрівання.

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 для 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 [10, 12-13, 15, 17, 19].

Утворення фронтальних туманів зумовлене:

- випаровуванням крапель дощу, який випадає з теплої повітряної маси;
- адвективним зниженням температури холодного повітря, що переміщується з південних районів;
- адіабатичним охолодженням повітря при падінні тиску перед фронтом.

Туман перед теплим фронтом, що повільно переміщується, чи теплим фронтом оклюзії, а також за малорухомих холодним фронтом, переважно слід очікувати пізньою осінню і зимою при випадінні слабкого дощу або мряки у клині холодного повітря. Фронтальна поверхня у такому випадку виявляється за даними вертикального зондування у вигляді інверсії.

Фронтальний туман виникає:

1. Попереду малорухомого теплого фронту або фронту оклюзії за типом теплового, 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.

Сприятливими умовами для формування фронтального туману є:

- 1) температура теплого повітря на верхній межі фронтальної інверсії $>0^{\circ}\text{C}$, а різниця між її значенням на цьому рівні і температурою холодного повітря на висоті 2 м поблизу ділянки фронту складає $3\dots 5^{\circ}\text{C}$;
- 2) дефіцит точки роси у холодному повітрі поза зоною фронтальних опадів не перевищує 2°C ;
- 3) швидкість вітру у холодному підфронтальному повітрі не більше $6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Час утворення і розсіювання фронтального туману можна визначити за швидкістю переміщення атмосферного фронту. Якщо ж фронтальний туман утворюється знову, то це звичайно відбувається через $0,5\dots 1,0$ год після проходження фронту. Додатково для оцінки часу розсіювання фронтального туману необхідно враховувати зміну синоптичної ситуації, характер адвекції, турбулентного обміну та місцеві особливості [10, 12-13, 15, 17, 19].

Радіаційні тумани виникають в антициклонах, гребенях, відрогах, у сідловинах, мало градієнтних баричних полях за таких умов:

- вночі спостерігається радіаційне охолодження повітря при ясній погоді або невеликій хмарності;
- швидкість вітру не більше $3-4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$;
- увігнута поверхня рельєфу, що забезпечує накопичення холодного повітря в низині;
- суха поверхня ґрунту;
- інверсійний розподіл температури в шарі від землі до $50-300 \text{ м}$;
- велика відносна вологість увечері ($> 60\%$).

Через 1-2 години після виникнення туману приземна інверсія зазвичай руйнується і переходить у піднесену.

Улітку швидкий прогрів підстильної поверхні забезпечує розсіювання радіаційного туману через 1-2 години після сходу Сонця. Восени туман може зберігатися протягом 3-5 годин після сходу Сонця. Узимку денний прогрів невеликий і туман може зберігатися і протягом усього дня. При зміні

синоптичних умов туман може розсіятися в будь-яку годину ночі. Радіаційний туман у 60% випадків розсіюється внаслідок радіаційного нагрівання і в 30% — змін синоптичного процесу.

Адвективний туман спостерігається на західних або північно-західних периферіях антициклонів, на осі гребеня, на східних периферіях циклонів (на теплих фронтах) і частіше в теплих секторах циклонів.

Адвективний туман у холодний період 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.

Загальними умовами виникнення адвективних туманів є:

- дефіцит крапки роси біля поверхні землі повинен бути незначним (при $D_0 > 3^\circ\text{C}$ тумани не утворюються);
- швидкість вітру біля поверхні землі не повинна перевищувати $8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (за винятком Донецької області); при більшій швидкості вітру відбувається руйнування приземної інверсії і туману.

При цьому існує додаткова умова - послаблене турбулентне перемішування, інакше формується низька хмарність.

Адвективний туман приблизно у 65% випадків піднімається внаслідок зміни циркуляції атмосфери, у 20% — під впливом радіаційного нагрівання.

Розсіювання адвективного туману можна чекати:

- при припиненні адвекції теплого і вологого повітря і посиленні вітру, або при зміні на адвекцію сухого і холодного повітря;
- якщо з'являються ознаки зміни напрямку вітру;
- при посиленні турбулентного обміну в зв'язку з посиленням швидкості вітру.
- у результаті зменшення абсолютної вологості повітря;
- при переході повітря з відкритого ґрунту на сніг;
- при переході туману в мряку, або при випаданні дощу з вище розташованих хмар;
- у результаті радіаційного нагрівання ґрунту і приземного шару повітря (після сходу Сонця);
- у результаті радіаційного охолодження верхньої частини хмарності.

Адвективний туман у прибережній смузі виникає при переносі теплого вологого повітря з моря на холодну підстильну поверхню. У відкритому морі туман виникає при переході теплого вологого повітря з теплої поверхні води на холодну, або при переході з теплої течії на холодну. Такий туман може вноситися з акваторії моря на сушу.

Всі інтенсивні тумани зазвичай переходять у мряку.

Берегові тумани виникають на узбережжях морів при перенесенні теплих і вологих повітряних мас з водної поверхні на сушу. Основним фактором, що визначає виникнення берегових туманів, є контраст температур вода - суша.

Орографічні тумани спостерігаються в умовах, коли повітря піднімається вздовж навітряних схилів гір або високих хребтів і адіабатично охолоджується за умови стійкої стратифікації атмосфери.

Умови формування орографічних туманів:

- рівень конденсації повинний бути нижче вершини височини;
- наявність над вершиною інверсії температури.

Тумани випаровування часто відмічаються над арктичними морями при переході із сильно вихолодженого над льодом або поверхнею ґрунту повітря на відкриту водну поверхню. Виникає випаровування, що підвищує температуру крапки роси. Повітря нагрівається знизу, зверху охолоджується, виникає нестійкість атмосфери. Туман може виникати в тих випадках, коли в повітрі спостерігалася добре виражена інверсія, у нижній частині шару інверсія може розмиватися. Туман виникає при різниці температур повітря і води не менше ніж 10°C [7-10, 12-13, 15, 17, 19, 21].

3 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДИМОСТІ ПРИ МЕТЕОРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АВІАЦІЇ

Обмежена видимість (туман) є одним з основних метеорологічних факторів, які ускладнюють діяльність авіації [2-5, 8-9, 14, 16, 20, 22]. 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. При туманах ускладнюється збір груп літаків в повітрі, виникає небезпека їх зіткнення. Погана видимість ускладнює контроль шляху на маршруті польоту. Тумани виключають можливість візуальних польотів. Туман ускладнює зліт літаків і робить неможливою посадку на аеродромах, не обладнаних посадковими системами.

В холодну пору року частіше, ніж в теплу, основним метеорологічним фактором, який ускладнює польоти і впливає на їх безпечність, є обмежена видимість в підхмарному шарі, що впливає на виявлення і розпізнання наземних орієнтирів; при польоті на малій висоті їх виявлення залежить від висоти польоту, в результаті чого, потрібний пілоту для розпізнання орієнтирів, зі зменшенням висоти польоту скорочується. При польотах в серпанку, можливості спостереження за наземними орієнтирами з невеликої висоти ще більш обмежені.

Таким чином, тумани і густі серпанки негативно впливають на роботу авіації і можуть привести до закриття аеропортів, відхилень літаків та вертольотів від маршруту і навіть до авіаційних катастроф.

З усіх перерахованих видів туманів найбільше значення для авіації мають внутрішньомасові тумани охолодження (радіаційні та адвективні). Вони спостерігаються значно частіше фронтальних. Найбільш небезпечні адвективні тумани, які можуть виникнути в будь-який час доби, займати великі площі і бути досить стійкими в порівнянні з радіаційними. Іноді адвективні тумани утримуються більше 5 діб; величезні території, які займають адвективні тумани, позбавляють ефективності такий захід щодо забезпечення безпеки польотів, як вибір запасних аеродромів. Радіаційні тумани менше ускладнюють обстановку для польотів. Вони зазвичай утворюються в окремих місцях вночі або рано вранці і розсіюються до початку дня або вдень. В радіаційних туманах видимість гірша біля поверхні землі, а в адвективних туманах видимість погіршується з висотою.

В результаті, тумани займають особливе місце в описі метеорологічних умов польотів авіації, що зумовлено значним їх поширенням і тим, що 80% необхідної пілоту інформації він отримує візуально. Все це вимагає від метеорологів ретельного вивчення туманів та обліку їх особливостей в тому чи іншому районі. Для забезпечення безпеки польотів велике значення мають відомості про тумани, які одержують від метеорологічних підрозділів, що включені до штормового кільця. Під час польотів дані про очікувані і фактичні тумани доводяться до керівників польотів [2-5, 14, 16].

При метеорологічному забезпеченні авіації в даний час використовують три характеристики видимості: метеорологічна дальність видимості (МДВ), метеорологічна оптична дальність видимості (МОДВ) і дальність видимості на злітно-посадковій смузі (видимість на ЗПС, RVR). При чому усі вони визначаються біля поверхні землі.

Разом з цим льотний і диспетчерський склад повинні мати уявлення про умови видимості наземних об'єктів з висоти польоту, обумовлені похилою дальністю видимості (ПДВ). У складних метеорологічних умовах (СМУ) ПДВ повинна забезпечувати екіпажі повітряних суден і керівництво польотами інформацією про висоту, на якій варто очікувати встановлення візуального контакту на глісаді зниження з орієнтирами на земній поверхні. При візуальних польотах під низькими хмарами - оцінювати можливість упізнання наземних об'єктів, орієнтирів для визначення просторового положення повітряного судна (ПС) [6].

Метеорологічна дальність видимості - це гранична відстань на якій видно і пізнаються в світлий час доби абсолютно чорні об'єкти з кутовими розмірами більше 15 хв, що проектуються на фоні неба біля горизонту або на фоні повітряного серпанку.

Дальність видимості на ЗПС - це відстань, у межах якої пілот ПС, що знаходиться на осьовій лінії ЗПС, може бачити маркування покриття ЗПС або вогні, що обмежують ЗПС або позначають її осьову лінію.

Вертикальна видимість - це максимальна висота, з якої екіпаж, що знаходиться в польоті, бачить вертикально вниз землю. Вертикальна видимість дорівнює висоті нижньої межі хмарності (НМХ) або менше її (в тумані, в сильних опадах, при загальній хуртовині) [2-6, 8-9, 14, 16, 20].

В даний час метеорологи розраховують тільки видимість на ЗПС, що є оцінкою горизонтальної видимості і забезпечує інформацією про похилу видимість із глісади зниження, необхідної для оцінки посадкового мінімуму по ЗПС. Відповідно до рекомендацій ІКАО, похила видимість повинна

забезпечувати візуальну оцінку просторового положення ПС на глісаді зниження для визначених фіксованих висот - конкретніше ЗПС. Таку оцінку можна проводити за оперативними параметрами видимості висот візуального контакту (ВВК) з вогнями наближення світлотехнічної системи, висоті виявлення ЗПС, за вхідними вогнями ЗПС і динамікою видимості. Оперативні параметри видимості або посадкових характеристик видимості (ПХВ) залежать від метеорологічної оптичної дальності видимості, вертикальної видимості, сили світла вогнів світлотехнічної системи, типу розподілу горизонтальної видимості з висотою (оптичної моделі), часу доби, посадкової швидкості ПС, напрямку і швидкості вітру.

Можливість виконання посадки в тумані визначається висотою прийняття рішення (ВПР) і видимістю на ЗПС, тому для забезпечення посадки не досить прогнозу мінімального значення горизонтальної видимості і, тим більше, якісної оцінки її інтенсивності. Умови видимості в тумані з глісади зниження для фіксованих висот залежать не тільки від розподілу горизонтальної видимості з висотою, але і від вертикальної видимості (ВВ), тому необхідно досліджувати і ВВ з обліком її природної мінливості за короткі проміжки часу [6].

Основною вимогою до льотного складу і рекомендацій ІКАО до інформації про видимість при посадці в туманах є забезпечення візуальної оцінки просторового положення ПС для ухвалення рішення на посадку з фіксованих висот. Це пов'язане з тим, що для безпеки посадки необхідна визначена видимість, що забезпечує технологію літаководіння. Умови видимості з глісади зниження для фіксованих висот, можна оцінити за ПДВ.

В адвективних туманах спостерігається швидке, безперервне зменшення горизонтальної видимості від поверхні землі до вимірюваних значень ВВ або щільної частини туману.

У радіаційному тумані спостерігається 4 типи розподілу горизонтальної видимості з висотою за стадією розвитку туману:

- радіаційний туман 1 стадії розвитку (поземний туман) відповідає збільшенню горизонтальної видимості з висотою (III тип);
- радіаційний туман 2 стадії розвитку через 2 -3 години після його утворення, коли верхня межа досягає 20-30 м - МДВ з висотою зменшується до середини шару, а потім збільшується (IV тип);
- радіаційний туман 3 стадії розвитку - мінімальна МДВ з висотою зменшується, як і в адвективному тумані (I тип);
- в радіаційних туманах с верхньою межею 100-300 м при мряці і

рідкому снігу спостерігається приблизно однакова видимість від землі до верхньої межі туману (II тип).

В зонах фронтальних туманів відзначається швидке безперервне зменшення горизонтальної видимості з висотою. В адвективних і фронтальних туманах з глісади зниження відзначається позитивна динаміка видимості, під якою розуміється: постійне збільшення видимості наземних орієнтирів (вогнів світлосигнальної системи) з глісади зниження до приземлення. У момент приземлення видимість відповідає видимості на ЗПС, вона спостерігається у I й II типах.

У радіаційному тумані 1 стадії розвитку спостерігається негативна динаміка, під якою розуміється: постійне зменшення видимості наземних орієнтирів (вогнів світлосигнальної системи) з глісади зниження до приземлення. У момент приземлення видимість відповідає видимості на ЗПС. Вона спостерігається в III типі вертикального розподілу горизонтальної видимості з висотою.

У радіаційному тумані 2 стадії розвитку відзначається стрибкоподібна динаміка, під якою розуміється: зменшення видимості наземних орієнтирів (вогнів світлосигнальної системи) з глісади зниження до середини шару туману, а потім збільшення до приземлення. У момент приземлення видимість відповідає видимості на ЗПС, вона спостерігається в IV типі.

У радіаційному тумані 3 стадії розвитку спостерігається позитивна динаміка видимості.

Аналіз характеристик мінливості горизонтальної дальності видимості в радіаційному і адвективному туманах за хвилинні інтервали часу показує, що мінливість горизонтальної дальності видимості в адвективному тумані в 2-3 рази перевищує мінливість видимості в радіаційному тумані.

Типи вертикального розподілу МДВ і їх часові характеристики мінливості дозволяють вирішити проблему оцінки умов видимості в похилому напрямку при різних явищах погоди [6].

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВТОРЮВАНОСТІ ТУМАНІВ НА АМСЦ ЧЕРНІВЦІ ЗА ПЕРІОД 2013-2017 РР

4.1 Аналіз статистичних показників

Для дослідження повторюваності туманів використані книжки метеоспостережень КМ-1, щоденники погоди АВ-6 за період 2013-2017рр. за даними АМСЦ Чернівці.

На першому етапі роботи визначена загальна повторюваність туманів на станції. Всього за 5 років зареєстровано 376 випадків з туманами, найчастіше тумани відмічалися у 2014 р. – 24% загального числа туманів, найменша повторюваність припадає на 2016 р. – 16%. В середньому за рік спостерігається 75 днів з туманами (табл.4.1, рис.4.1).

Таблиця 4.1 – Повторюваність туманів на АМСЦ Чернівці за період 2013–2017 рр. (кількість випадків)

Місяць	Рік					Всього
	2013	2014	2015	2016	2017	
Січень	12	9	15	14	10	60
Лютий	10	24	10	3	10	57
Березень	7	6	6	6	8	33
Квітень	4	3	-	2	-	9
Травень	3	5	-	4	3	15
Червень	2	1	1	2	1	7
Липень	-	4	-	-	2	6
Серпень	-	2	1	-	-	3
Вересень	6	2	3	1	13	25
Жовтень	13	8	7	12	6	46
Листопад	10	13	9	11	12	55
Грудень	16	12	13	7	12	60
Всього	83	89	65	62	77	376

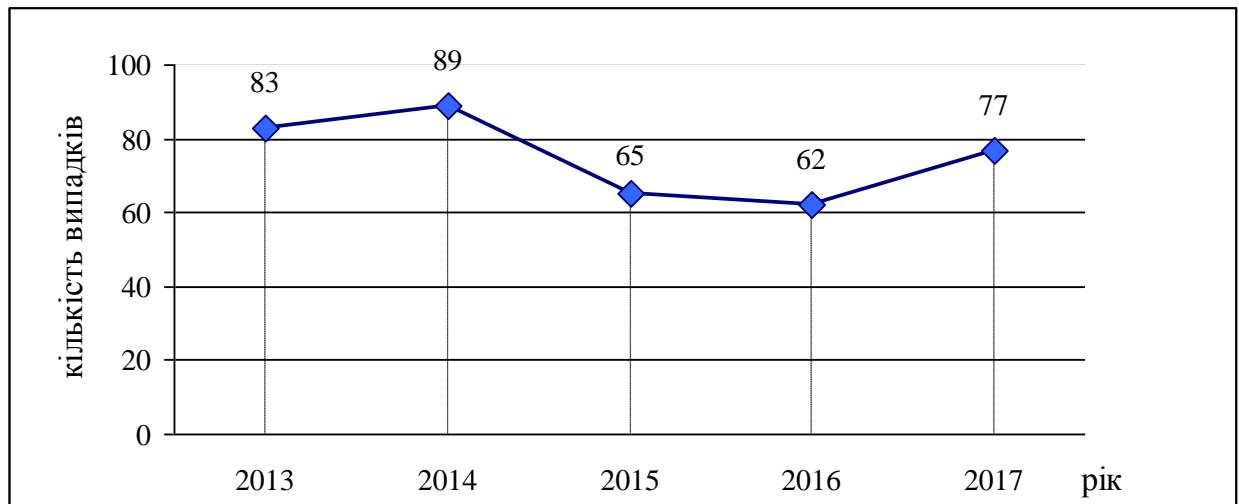


Рис. 4.1. Річна повторюваність туманів на АМСЦ Чернівці

На АМСЦ Чернівці тумани формуються протягом всього року. Найчастіше вони спостерігаються в холодний період (жовтень-березень) – рис.4.2.

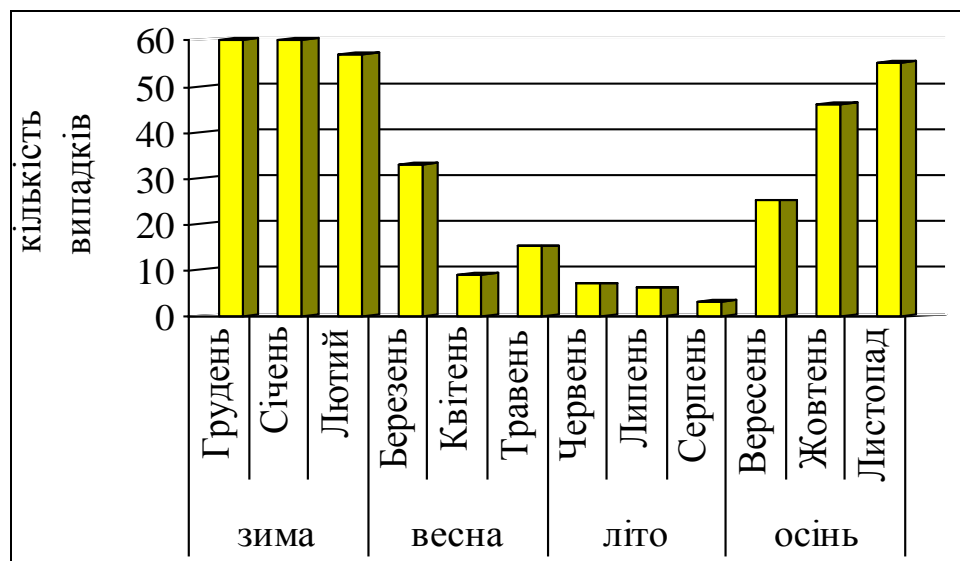


Рис. 4.2. Сезонний розподіл туманів на АМСЦ Чернівці у 2013-2017 рр.

Рівнозначний максимум числа днів з туманом відмічається у грудні і січні – 60 (~16%). Підвищена повторюваність туманів у лютому та листопаді (~15%). Від зими до літа частота туманів знижується з мінімумом в серпні, коли тумани відмічаються не щорічно: в середньому 1-2 дні з туманом за місяць. Низька повторюваність також у липні – лише 6 випадків за 5 років.

У червні відмічено 7 випадків туманів, по 1-2 на рік.

Загалом, за теплий період (квітень-вересень) найбільше число днів з туманом припадає на травень – 15 випадків (4%).

Починаючи з вересня повторюваність туманів зростає кожного місяця. Місячний розподіл туманів від року до року неоднорідний (рис. 4.3).

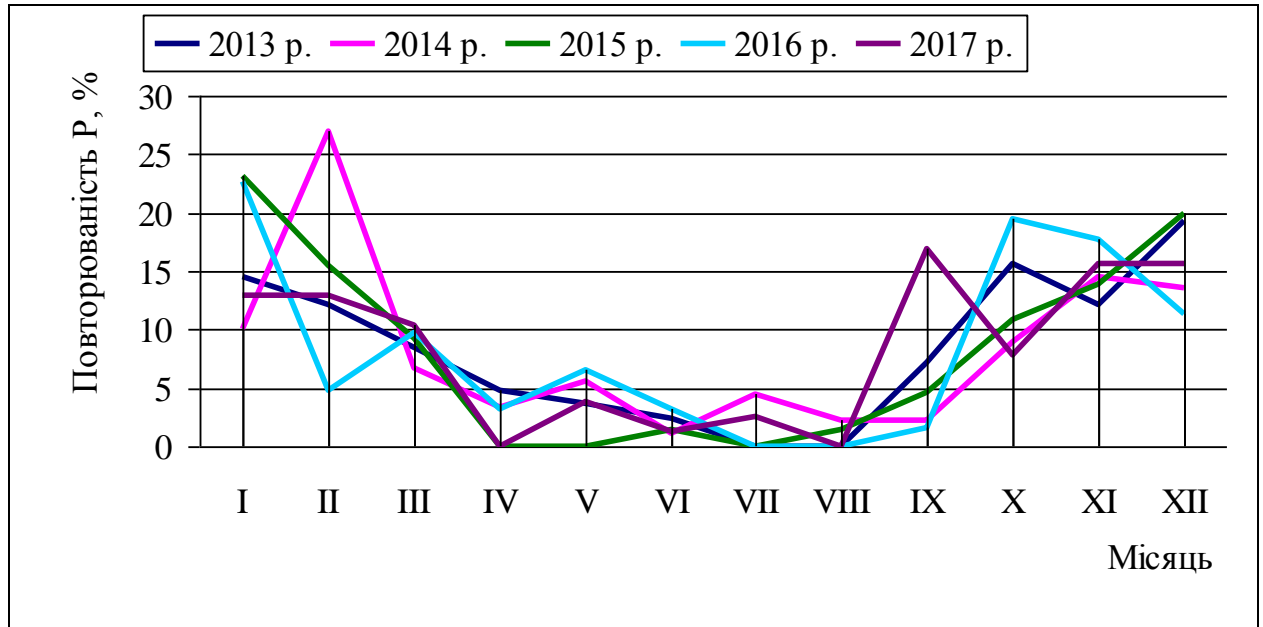


Рис. 4.3. Місячна повторюваність туманів на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр., (%)

У січні найнижча повторюваність належить 2014 р., а у лютому цього ж року відмічається екстремум (за весь період спостережень) у 24 випадки з туманами. На 2016 рік навпаки, припадають високі показники туманоутворення у січні – 14 випадків, а у лютому лише 3.

Грудневий розкид показників днів з туманами 12-16 випадків з деяким зниженням у 2016 р. до 7.

У березні річні значення мають малий розкид повторюваності туманів – 6-8 випадків.

Теплий період, з квітня і до вересня, має значні коливання частоти туманоутворення. Так, квітневі тумани не спостерігалися у 2015 і 2017 рр.; у 2015 р. не зафіксовано жодного дня з туманом у травні; у 2013, 2016, 2017 рр. не реєструвалися липневі тумани; у серпні тумани відмічались найрідше і лише у 2014 і 2015 рр. (2 і 1 випадок відповідно).

Від вересня тумани в Чернівцях спостерігалися щорічно, проте за роками виділяється суттєва неоднорідність повторюваності – від максимуму у 2017 р. - 13 випадків до одного туману у 2016 р.

У жовтні повторюваність днів з туманами зростає до 6-13 за місяць з піком у 2013 р.; у листопаді середні річні показники близькі – 9-13 днів з туманами.

Неоднорідність повторюваності туманів у холодний період може пояснюватися відмінними циркуляційними процесами, а саме – переважанням цикло- або антициклонічної діяльності над європейським регіоном.

Встановлено, що в холодну половину року з імовірністю 5-10% число днів з туманом може складати в тому чи іншому місяці 13-18 днів. В тепле півріччя з 10%-ою імовірністю число днів з туманом в кожному місяці не перевищує 1-6 днів. Важливо також зазначити, що з вересня по лютий ймовірність того, що в кожному із зазначених місяців буде хоча б 1-2 дні з туманом складає 100%, з березня по серпень ймовірність числа днів з туманом зменшується від 96% у березні до 64% у червні-липні.

Викладені вище статистичні характеристики повторюваності туманів свідчать про те, що загалом процеси туманоутворення у Чернівцях посилюються з осені і послаблюються до початку весни. У літні місяці тумани досить рідке явище і відзначаються не щороку.

Найбільш часто тумани за даними АМСЦ Чернівці відмічаються в нічні та ранкові години, особливо висока повторюваність в строки, близькі до сходу Сонця. Максимальна повторюваність в холодний період року має місце як в ранкові, так і у вечірні години.

В теплий період року найчастіше тумани формувалися в ранкові години.

На наступному етапі роботи проведено дослідження повторюваності туманів за умовами виникнення: адвективні, радіаційні, адвективно-радіаційні.

Радіаційні тумани на станції спостерігаються щомісячно, з максимумом повторюваності у жовтні – 17% і мінімальною часткою у літні місяці (2-3%). Адвективні тумани в основному відмічаються з жовтня по березень, з найвищими показниками у січні і грудні (21 і 19% відповідно); в червні-липні і вересні такі тумани зустрічаються рідко; відзначається деяке збільшення повторюваності адвективних травневих туманів (3%), а у квітні і серпні цей тип туманів в Чернівцях взагалі не спостерігався (рис. 4.4).

Адвективно-радіаційні тумани реєструються найчастіше з жовтня по лютий, з рівнозначною високою повторюваністю у листопаді і січні ~17%, максимум припадає на лютий (~19%); у червні і вересні цей тип туманів не

зафіксовано, мінімум повторюваності – у липні (~1%); зазначимо також рівнозначну низьку повторюваність таких туманів щомісячно навесні (~4%).

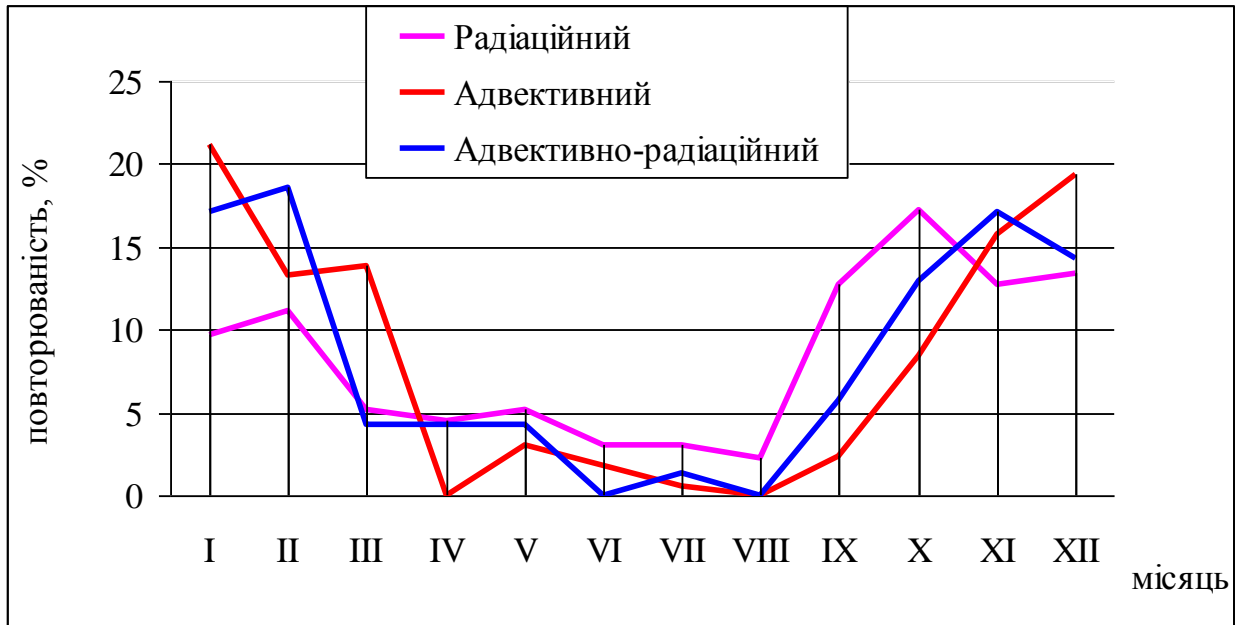


Рис. 4.4. Місячна повторюваність туманів за умовами виникнення на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр., (%)

Таким чином, на АМСЦ Чернівці у теплу половину року переважають, радіаційні тумани, досить часто спостерігаються адвективно-радіаційні тумани. В холодний період відмічаються усі типи туманів, з найвищою частотою адвективних туманів - рис. 4.5.

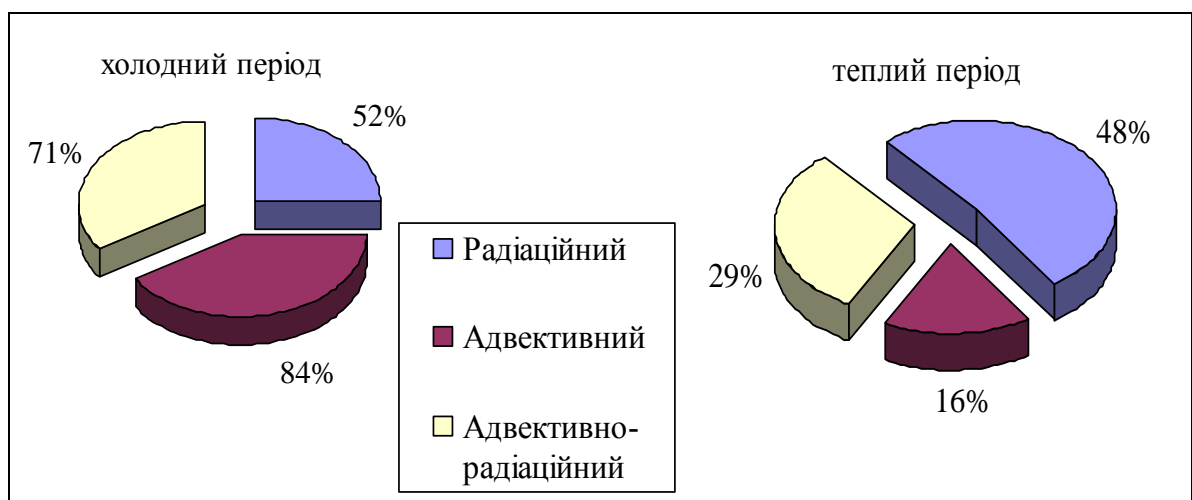


Рис.4.5. Повторюваність туманів за умовами виникнення на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр.

Окремо в роботі досліджено хід температури повітря і характеристики вітру при процесах туманоутворення.

Температура повітря при туманах на станції змінюється в широких межах від -12°C до $+18^{\circ}\text{C}$, при цьому в 64% випадків тумани спостерігалися при додатних температурах і в 36% – при від’ємних. Найчастіше (~66%) температура повітря при туманах складає від -5°C до $+5^{\circ}\text{C}$.

Для деталізованого аналізу ходу температури визначено максимальні і мінімальні екстремуми кожного місяця протягом 5 досліджуваних років (табл.4.2). Хід температури дуже неоднорідний, що пов’язане як з домінуванням певного типу циркуляції протягом місяця (сезону), так і з загальними змінами регіонального і глобального клімату. Мається на увазі, що в останні роки на території України загалом, особливо у холодний період, почастишали періоди зі значними коливаннями температури, коли амплітуда протягом місяця може складати до 20° , добові коливання температури повітря також подекуди складають $\geq 10^{\circ}\text{C}$.

Дані таблиці 4.2. показують істотний діапазон коливання температури при формуванні туманів в межах кожного місяця, за виключенням літа, де тумани, реєструвалися не кожного року, або в поодиноких випадках.

Таблиця 4.2 – Розподіл мінімальної T_{\min} і максимальної T_{\max} температури повітря ($^{\circ}\text{C}$) при туманах на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр.

Місяць	Рік									
	2013		2014		2015		2016		2017	
	T_{\min}	T_{\max}	T_{\min}	T_{\max}	T_{\min}	T_{\max}	T_{\min}	T_{\max}	T_{\min}	T_{\max}
Січень	-10,2	4,7	-5,6	4,8	-3,6	3,5	-6,2	1,0	-12,6	-2,9
Лютий	-12,1	0,6	-11,4	2,6	-7,0	6,2	-0,9	3,4	-11,5	3,1
Березень	-0,3	3,5	2,5	4,8	1,2	6,9	0,1	7,5	-1,3	8,0
Квітень	3,0	8,3	5,7	9,2	-	-	7,5	10,1	-	-
Травень	8,9		8,5	10,8	-	-	3,9	11,2	9,7	12,4
Червень	8,7	14,3	9,5		16,4		13,0	13,8	13,8	
Липень	-	-	14,7	17,4	-	-	-	-	11,7	16,6
Серпень	-	-	11,6	18,3	12,4		-	-	-	-
Вересень	7,4	16,3	14,6	15,8	11,5	18,5	7,3		6,3	12,8
Жовтень	0,0	12,1	-4,4	14,9	-0,5	9,3	1,4	13,7	2,4	11,8
Листопад	-0,4	10,1	-0,6	9,0	0,0	-2,9	-6,0	4,7	0,3	7,2
Грудень	-5,3	2,6	-3,9	1,4	-5,5	8,5	-7,2	3,3	-1,7	1,4

За весь період дослідження, максимум температури при тумані відмічено 24 вересня 2015 р., який склав 18,5°C. Близькі показники високої температури 21 серпня 2014 р.: 18,3 °С.

Утворення туману при температурах $\leq -10^{\circ}\text{C}$ відмічалось у січні-лютому 2013-2014 і 2017 рр. Від'ємний екстремум температури зафіксовано 19 січня 2017 р.: $-12,6^{\circ}\text{C}$.

Помісячно хід температури повітря при туманах сильно варіює: так у зимові місяці максимальна додатна температура при туманах складала 5-8°C, з найвищим аномальним показником у 8,5°C 25 грудня 2015 р. Зазначимо, що третя декада грудня 2015 р. по всій території України була аномально теплою з перевищенням кліматичних норм. Від'ємний максимум зазначався лише 2017 р.: $-2,9^{\circ}\text{C}$ 28 січня, тобто у січні 2017 р. усі тумани сформувалися при від'ємних температурах.

Навесні максимальна температура при тумані склала: у березні 8,0°C, квітні 10,1°C, травні 12,4°C. Мінімум температури у $-1,3^{\circ}\text{C}$ зареєстровано 4 березня 2017 р.

Восени при сезонному зниженні температури повітря, виокремлюються випадки з високими температурами при тумані: 14,9°C 15 жовтня 2014 р. і 10,1°C 22 листопада 2013 р. Низькі осінні температури при туманах склали мінімум $-6,0^{\circ}\text{C}$ 16 листопада 2016 р., при цьому від'ємні температури при туманах не відмічалися у вересні усіх 5-ти розглянутих років, у жовтні від'ємні показники фіксувалися тільки в двох роках, а в листопаді – в трьох роках (в двох з них - слабкі від'ємні).

Протягом року при туманах на аеродромі Чернівці переважає східний вітер (~36%), південно-східний відмічається в близько 13% випадків, північно-західний ~11% випадків. Найрідше тумани на АМСЦ Чернівці формуються за південно-західного вітру (~1%), низька повторюваність туманів при північних, північно-східних та південних вітрах (~2%) – це поодинокі випадки туманів, що відмічалися не щорічно.

Східний вітер при туманах переважає у всіх досліджуваних роках, з найвищою часткою у 2014 і 2015 рр. – 44% і 41% відповідно – рис.4.6.

Зазначимо високу повторюваність туманів на станції при штилях: ~30% випадків. По роках тумани при штилях також на другому місці повторюваності після східного вітру, за виключенням 2016 р., коли частка туманів при східних вітрах склала 33%, а при штилях – 41%.

Вітер східних напрямків при туманоутворенні домінує в усі сезони, окрім літа, але оскільки літні тумани на станції – це рідке явище, то незначна

повторюваність не надає чіткого висновку про переважання вітру того чи іншого напрямку в цей сезон (можливо при збільшенні часового ряду дослідження виділиться певна домінанта). Частка східного вітру при туманах особливо зростає взимку та восени, коли його повторюваність складає 19% і 13% відповідно.

Стосовно напрямків вітру низької повторюваності туманів зазначимо, що взимку тумани не спостерігалися при північних вітрах, навесні – при південних, влітку - при північно-східних, південно-східних, південно-західних і західних, а восени – при південно-західних.

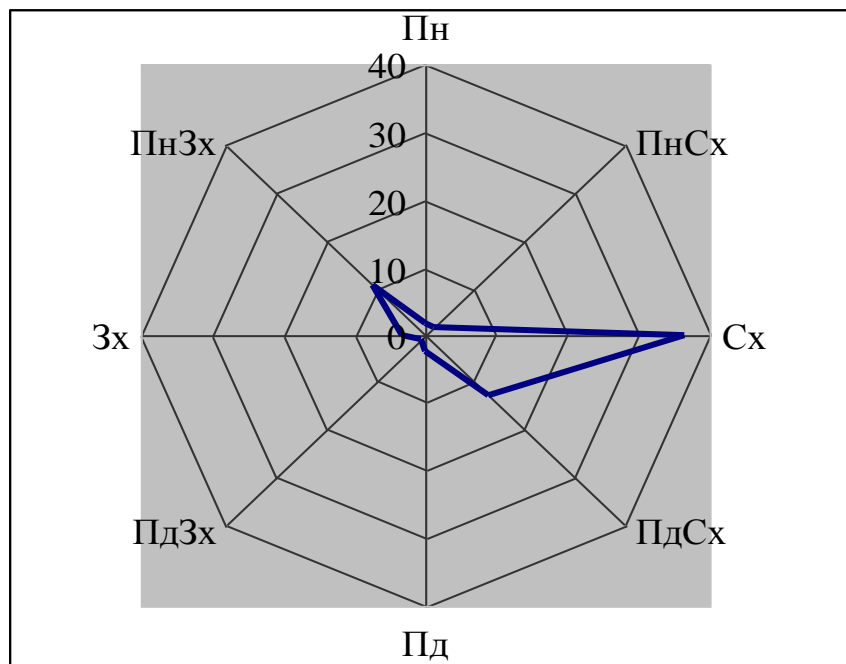


Рис. 4.6. Роза вітрів при формуванні туманів на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр., (%)

Відповідно до розподілу швидкості вітру, посилення вітру при туманах до $7-8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ зареєстровано у січні-лютому 2013 р., січні 2014 і 2016 рр., жовтні 2016 р. і листопаді 2015 р. Швидкість вітру $>8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ при туманах не відмічалася. В інші роки тумани формувалися переважно за слабого вітру: $1-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Середні показники швидкості вітру при туманах на АМСЦ Чернівці наведено у табл. 4.3.

Середньомісячна швидкість вітру є найвищою у січні, за виключенням 2017 р., де відмічались малі швидкості у межах $0-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. У січні також виділяється найвища середня швидкість за весь період - $3,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (2013 р.).

Таблиця 4.3 – Розподіл середньої швидкості вітру ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$) при туманах на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр.,

Місяць	Рік					Середня швидкість вітру
	2013	2014	2015	2016	2017	
Січень	3,3	3,1	2,3	2,1	0,8	2,3
Лютий	2,6	1,9	2,3	1,7	2	2,1
Березень	2,2	1,5	1,4	2,2	1,8	1,8
Квітень	2	0	-	0,5	-	0,8
Травень	0	1	-	0,3	1,7	0,8
Червень	0	1	1	1,5	1	0,9
Липень	-	1	-	-	3	2
Серпень	-	2,5	2	-	-	2,3
Вересень	0,6	1,5	0,7	0	1,1	0,8
Жовтень	1,2	1,5	1,3	2,8	2	1,8
Листопад	2,6	1,9	3	1,4	2,4	2,2
Грудень	2,1	2,7	1	0,3	1,6	1,5
Середня швидкість вітру	1,5	1,6	1,7	1,3	1,6	1,6

У лютому-березні і листопаді середні показники швидкості вітру при туманах складають $\sim 2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$; грудневий розподіл нерівномірний за рахунок слабких вітрів при туманах у 2016 р. (переважно штилі).

З квітня до червня тумани формувалися при малих середніх швидкостях вітру, близько $1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, але у цей період тумани відмічалися не щорічно. Виокремлюється також вересень при середніх слабких вітрах.

Загалом, середня швидкість вітру при туманах на АМСЦ Чернівці склала $1,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ з варіацією посезонно від $1,9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ взимку до $1,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ навесні.

На наступному етапі роботи досліджено характеристики тривалості туманів на станції.

Найбільша тривалість туманів спостерігається в осінні та зимові місяці, в жовтні – лютому вона складає від 15 до 50 год.

В таблиці 4.4 наведено повторюваність градацій тривалості туману в різні сезони року, яка представлені двома значеннями: у чисельнику – повторюваність градацій тривалості туману в певний сезон року, в

знаменнику – повторюваність даної градації часу існування туману в різні сезони року.

Таблиця 4.4 – Сезонна тривалість туманів за градаціями на АМСЦ Чернівці у період 2013-2017 рр, (%)

Сезон	Градації часу існування туману (год)					
	1-2	2-4	4-6	6-10	10-24	> 24
Зима	<u>29,2</u>	<u>19,7</u>	<u>8,4</u>	<u>16,3</u>	<u>20,8</u>	<u>5,6</u>
	43,7	47,3	35,7	46,8	54,4	83,3
Весна	<u>32,8</u>	<u>29,3</u>	<u>10,3</u>	<u>15,5</u>	<u>10,3</u>	<u>1,7</u>
	16,0	23,0	14,3	14,5	8,8	8,3
Літо	<u>58,8</u>	<u>17,6</u>	<u>23,5</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>
	8,4	4,1	9,5	0,0	0,0	0,0
Осінь	<u>30,6</u>	<u>15,3</u>	<u>13,7</u>	<u>19,4</u>	<u>20,2</u>	<u>0,8</u>
	31,9	25,7	40,5	38,7	36,8	8,3
Середня річна	31,6	19,4	11,2	16,5	18,1	3,2

Встановлено, що в Чернівцях спостерігаються тумани всіх градацій тривалості: від 1 години до >24 годин. Найчастіше на станції реєструються тумани тривалістю 1-2 години. Зазначимо особливість середніх показників при зменшенні повторюваності туманів тривалістю 4-6 годин і зростанні у градації 10-24 години (11% і 18% відповідно). Найрідше відмічаються тривалі тумани, що існують більше доби.

Розподіл повторюваності різної тривалості туманів за сезонами року істотно відрізняється від середньої річної. Так, у всіх сезонах виділяється тенденція переважання повторюваності туманів у градації тривалості 1-2 год. з найбільшою повторюваністю влітку (~59%).

Взимку і восени зазначимо високу частку туманів тривалістю 10-24 години (~20%). При цьому взимку тумани тривалістю більше доби складають найвищий показник.

Влітку відзначаються тумани найменшої тривалості - до 6 годин.

Восени тумани в Чернівцях в середньому виявляються більш тривалими, іноді час їх існування може досягати 24 годин.

Порівнюючи сезонну тривалість туманів за різними градаціями, встановлено: найчастіше тумани тривалістю від 1 години до 4-х і від 6 годин до доби і більше формуються взимку. Градація тривалості туманів 4-6 годин вказує на дещо збільшену повторюваність осінніх туманів – 40% проти 35 % взимку.

Як відомо, однією з важливих характеристик туману є горизонтальна видимість в ньому.

В середньому за рік у Чернівцях ~36% випадків припадає на тумани з видимістю 1000-500 м, 43% – 500-100 м і ~21% – 100-50 м. Таким чином, на станції переважають помірні тумани.

Однак за сезонами року повторюваність туманів різної інтенсивності суттєво відрізняється від середньорічної. Так, взимку переважають сильні тумани (49%), висока частка помірних туманів - 33% випадків. Влітку дещо підвищена частота слабких і помірних туманів з рівнозначним показником в 37%. Навесні та восени незначно домінують помірні тумани – 47% і 41% відповідно (рис. 4.7).

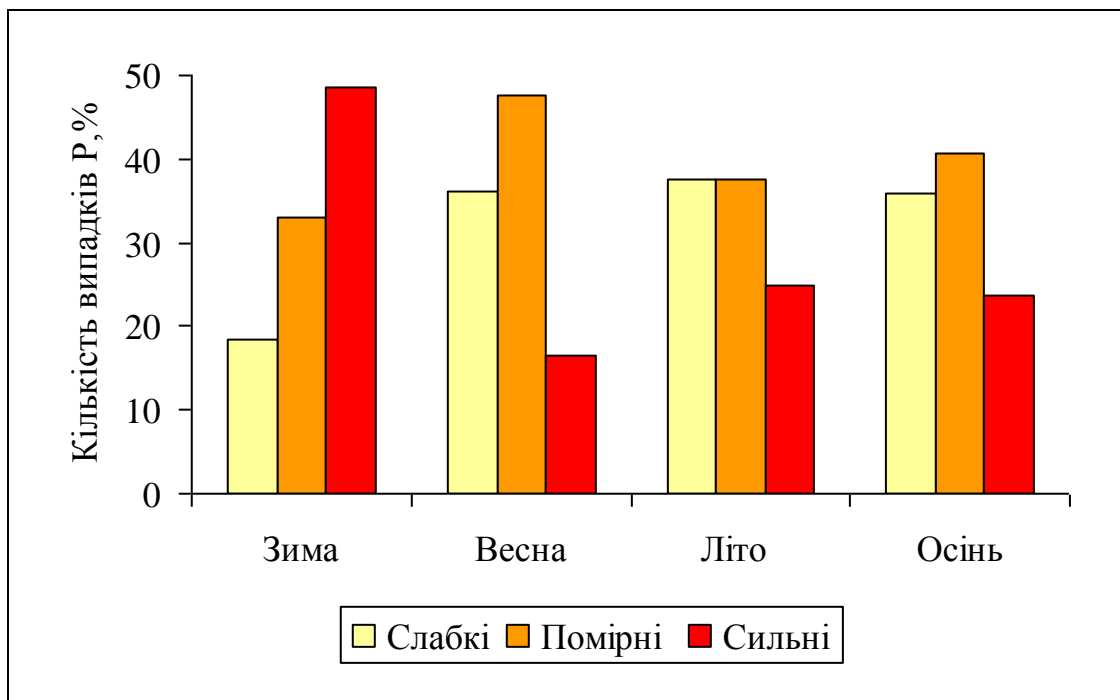


Рис. 4.7. Сезонна повторюваність туманів за інтенсивністю на АМСЦ Чернівці за період 2013-2017 рр., (%)

Представляє інтерес порівняння статистичних характеристик туманоутворення на АМСЦ Чернівці у досліджуваній період з середньокліматичними за даними [11]. Так, кліматичний розподіл виділяє

середню повторюваність днів з туманами 68 за рік, з максимумом у 90 випадків. За період 2013-2017 рр. щорічна повторюваність туманів наближувалася до максимуму у 2013 і 2014 рр. (83 і 89 випадків), у 2017 р. – близька до норми, а у 2015-2016 рр. частота виникнення туманів на станції виявилася нижчою за середньокліматичні показники (65 і 62 випадки відповідно). Середня повторюваність за досліджуваний п'ятирічний період – 75 днів з туманами, тобто на 7 днів більше середньокліматичної.

Середньомісячні показники також демонструють відхилення від кліматичної норми: у січні-лютому і з вересня по грудень у 2013-2017 рр. тумани спостерігалися частіше на 2-3 дні, а влітку дещо рідше.

Щодо тривалості туманів, суттєвих змін не виявлено.

У Чернівцях утворення туманів обумовлюють наступні синоптичні ситуації:

1) Західна периферії баричного гребеня, розташованого над Чорним морем та півднем України.

2) Вихід циклону з Атлантики, який, переміщуючись через захід України (Львів) на Білорусь, впливає на Чернівці передньою частиною – зоною теплового фронту та теплим сектором.

3) Малоградієнтне поле, в умовах якого тумани утворюються над р.Прут в ранкові години за рахунок радіаційного вихолодження.

4.2 Формування небезпечних явищ погоди, пов'язаних з туманами

Небезпечні явища погоди, які спостерігаються на аеродромі Чернівці в холодний період року і пов'язані з туманами – це ожеледь. Ожеледь представляє собою шар матового або прозорого льоду, який наростає на поверхні землі та предметах в результаті замерзання крапель переохолодженого дощу, мряки і туману. Шар льоду переважно утворюється з навітряної сторони всіх об'єктів. Ожеледь відмічається при температурі від 0 до -6°C , відносній вологості 95-100% та швидкості вітру до $5-7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

На АМСЦ Чернівці ожеледь формується з жовтня до березня. Найбільше число днів з ожеледдю припадає на грудень–лютий.

Місячна повторюваність ожеледі значно коливається від року до року. Так, в грудні 2014 р. Зареєстровано 7 випадків, в січні 2015 р. – 6, в січні та лютому 2014 р. і грудні 2013 р. – по 5 випадків, а в грудні 2016, 2017 рр. та

лютому 2013, 2015, 2017 рр. – лише одиничні випадки. В жовтні, листопаді та березні ожеледь буває не щорічно (рис. 4.8).

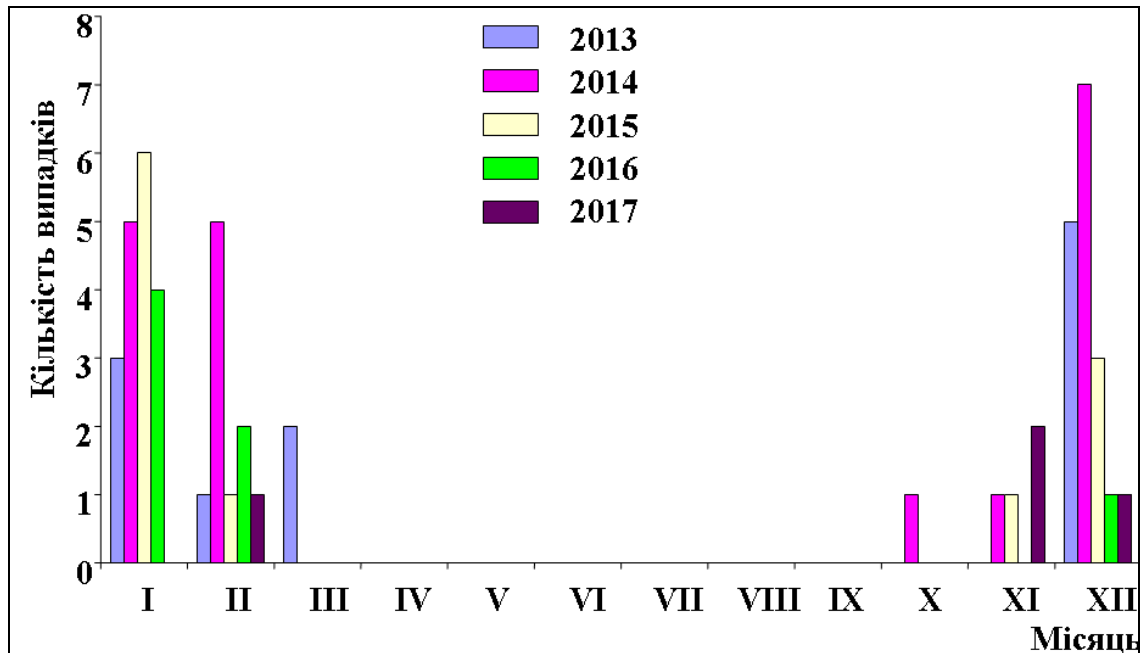


Рис. 4.8. Повторюваність ожеледі на АМСЦ Чернівці за період 2013–2017 рр. (кількість випадків)

Важливою характеристикою ожеледі є її тривалість. Тривалість процесу утворення ожеледі і її існування коливається від кількох годин до декількох діб. Випадки наростання ожеледі, які вимірюються хвилинами і добою, бувають досить рідко. Найчастіше ожеледь триває до 12 годин (60%). Ожеледь, що утворилась, зберігається на предметах тривалий час. Максимальна тривалість ожеледі у досліджуваній період зафіксована у січні 2014 р. і склала 98 годин.

У якості прикладу небезпечного явища, пов'язаного з туманами на території аеродрому Чернівці, вибрано випадок формування складного відкладення, пов'язаного з туманом 20-21 лютого 2017 р.

Детально проаналізовані особливості циркуляційних процесів за даними оперативної синоптичної інформації – додаток Б, рис. Б.1 – Б.11.

За даними приземного аналізу за строк 12(14) ВСЧ 20 лютого виділяється 2 фронтальні системи у зоні збільшених баричних градієнтів по «підшві» масштабної пологої улоговини, що займає північ Атлантики, північну Європу, ЄТР і Західний Сибір до 60-ї паралелі. Арктичний фронт проходить широтно практично вздовж 60° півн.ш. через Норвезьке море,

Швецію, Балтійське море, Естонію і далі на північ ЄТР. Один із центрів двоцентрової депресії циклону знаходиться над Санкт-Петербургом з $p_{\min}=978,8$ гПа. Полярний оклюдований фронт з хвилями орієнтований через Північне море, Німеччину, Польщу, захід України, Румунію і далі через Молдову на центр та схід України. Меридіонально через центр Чорного моря проходить фронт оклюзії у теплому секторі. В районі Вінниці відмічається хвиля на фронті, таким чином, Чернівецька область перебуває за ділянкою холодного фронту від Вінниці до Софії і на Белград, а з заходу до області наближується ділянка теплового меридіонально спрямованого фронту Берлін-Вена-Белград.

З Атлантики на європейський сектор поширюється баричний гребінь, Кавказ і Туреччина охоплені антициклонічною діяльністю у відрозі сибірського максимуму; над північню Африки виділяється циклонічна система, таким чином центр і південь Європи та Середземномор'я перебувають у баричній сідловині – малоградієнтне поле підвищеного тиску.

Структура приземного баричного поля за строк 00(02) ВСЧ 21 лютого зберігається без суттєвих змін, улоговина північної депресії дещо поширилася на південь і охоплює всю територію України, зумовлюючи зростання баричних градієнтів. Арктичний фронт зберігає положення, а полярний незначно просувається на схід, в результаті Чернівецька область перебуває у зоні дії теплового фронту. Від Атлантики по півдню Європи і Середземному морю до Туреччини формується смуга високого тиску з ізольованими ядрами.

На карті АТ-850 гПа за 12(14) ВСЧ 20 лютого атмосферні фронти досить виражені у полі температури та вологості. Над центром Європи формується улоговина холоду з замкненим осередком над Болгарією та Угорщиною, в результат полярний фронт відтіснений на південь і проходить над Балканами, огинаючи термічну улоговину. Чернівецька область перебуває в області холодного і сухого повітря. За винятком західних областей на Україну поширюється термічний гребінь з Малої Азії на ЄТР.

До строку 00(02) ВСЧ 21 лютого на карті АТ-850 північна депресія практично термічно однорідна – більшу її частину займає область холоду, по периферії спостерігається неоднорідне термічне поле і деяке підвищення температури на північній периферії в слабкому гребені над Україною. На цьому рівні полярний фронт виражений у полі вітру та температури більш

чітко над центральною Європою, над Україною термічні градієнти слабкі, не перевищують 3°C .

Аналіз карти АТ-500 20-21 лютого показує, що висотна фронтальна зона (ВФЗ) у високих широтах - від 60° півн.ш. орієнтована квазіширотно від Атлантики через північ ЄТР, Урал і далі на Сибір, при цьому над Північним і Балтійським морями загальний потік розділяється на дві гілки ВФЗ, північна зберігає зональну спрямованість і має значні контрасти, що відповідає загостренню арктичного фронту, найбільші градієнти ВФЗ відзначаються над Скандинавським півостровом - 36 дам на 1000 км.

Південна гілка має квазімеридіональну орієнтацію від Німеччини до Італії, далі зонально огинає баричну улоговину по південній периферії і послабленим гребенем проходить по території України. В результаті над країною баричні градієнти слабкі.

За даними карти ВТ-500/1000 над центральною і східною Європою формується дипольна структура термічного поля – гребінь на півночі з криволінійною віссю від Марокко через Піренейський півострів, центр Європи до Білорусі і улоговина на півдні – з ізольованим осередком холоду над Угорщиною, Болгарією, Балканами і Чорним морем.

Чернівецька область на рівнях 700 і 500 гПа знаходиться під впливом периферійних процесів, переважаючими є північно-західні потоки у тилу улоговини при розбіжності циклонічно викривлених ізогіпс.

В ранкові строки 20 числа видимість при сильному серпанку а потім замерзаючому тумані складала 50-100 м, максимум температури повітря за добу $5,1^{\circ}\text{C}$, мінімум $-2,8^{\circ}\text{C}$, протягом доби зберігався штиль, в окремі строки $1-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ при вітрах змінних напрямків.

Кільцева приземна карта 21(23) ВСЧ 20 лютого показує зону переохолоджених туманів, що охоплює більшу частину України. На строк 00 (02) ВСЧ 21 лютого зона туманів ще зберігається, але зменшується за площею. До 14:00 зберігається штиль, а далі при деякій зміні баричного поля вітер повертає на захід і північний захід і посилюється до $3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, видимість покращується до 1500-2000 м, спостерігається шарувато-купчаста хмарність, при цьому температура суттєво знижується – максимум за добу $1,7^{\circ}\text{C}$, мінімум $-6,1^{\circ}\text{C}$.

Супутниковий знімок хмарності МШСЗ виразно ілюструє поширену зону туманів над південно-східною Європою і Україною – рис.4.9.

Туман на супутникових знімках у видимому діапазоні має матову текстуру з характерною відсутністю деталей, однорідного тону зображення, який змінюється від світло-сірого до білого. Щільний туман легко розпізнається навіть на фоні снігу, оскільки закриває контури підстильної поверхні, і може проглядатися крізь тонку хмарність, як у даній ситуації, коли на знімку простежується сніговий покрив над Україною.

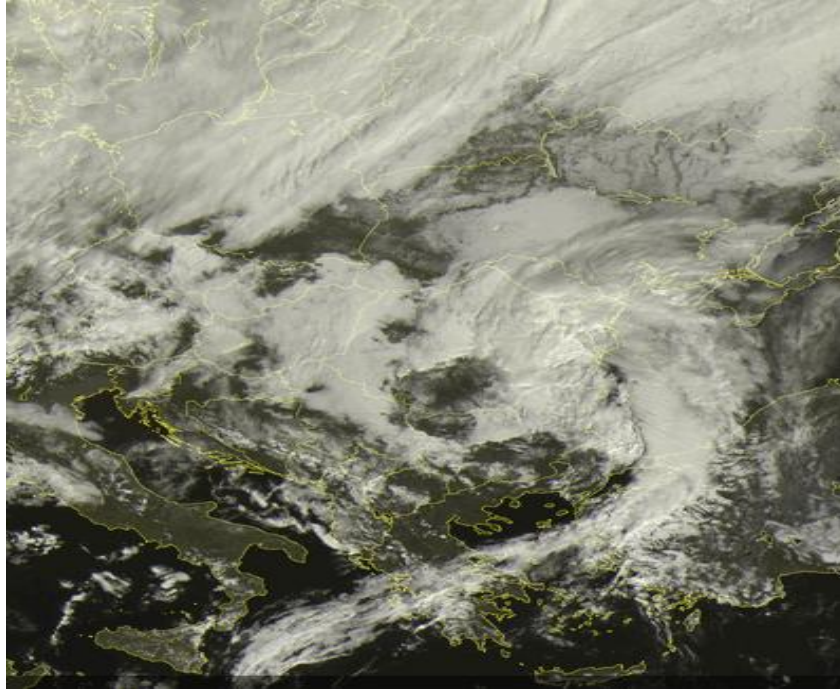


Рис. 4.9. Супутниковий знімок METEOSAT VIS, 20.02.17, 10:00 UTC

Досліджена синоптична ситуація обумовила виникнення наступних погодних умов:

- на території аеродрому Чернівці туман почався 20 лютого в 14:03, спочатку помірний, потім сильний, закінчився 21 лютого в 02:43;
- 20 лютого в 20:15 почала наростати ожеледь (температура $-2,9^{\circ}\text{C}$; штиль) до 21 лютого 02:15 ВСЧ. З 02:15 на ожеледь почала наростати кристалічна паморозь (температура $-5,9^{\circ}\text{C}$; штиль) до 03:40. Діаметр складного відкладення склав 5 мм.
- на 10:30 21 лютого відкладення зруйнувалося (температура $0,5^{\circ}\text{C}$; вітер $220^{\circ} 2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$).

ВИСНОВКИ

В результаті виконаного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. За період дослідження 2013-2017 рр. на АМСЦ Чернівці зареєстровано 376 випадків з туманами, найбільша повторюваність туманів у 2014 р. – 24%, найменша - у 2016 р. – 16%. В середньому за рік спостерігається 75 днів з туманами.
2. Найчастіше тумани спостерігаються в холодний період. Максимум числа днів з туманом відмічається у грудні і січні ~16%. В холодне півріччя з імовірністю 5-10% число днів з туманом може складати в тому чи іншому місяці 13-18 днів. Від зими до літа частота туманів знижується з мінімумом в серпні, коли тумани відмічаються не щорічно. За теплий період максимум днів з туманом припадає на травень (4%). В тепле півріччя з 10%-ою імовірністю число днів з туманом в кожному місяці не більше 1-6 днів.
3. Найбільш часто тумани відмічалися в нічні та ранкові години, особливо висока повторюваність в строки, близькі до сходу Сонця.
4. Радіаційні тумани спостерігаються щомісячно, з максимумом у жовтні - 17% і мінімумом влітку 2-3%. Адвективні тумани в основному відмічаються з жовтня по березень, з найвищими показниками у січні і грудні (21 і 19% відповідно). Адвективно-радіаційні тумани реєструються найчастіше з жовтня по лютий, максимум припадає на лютий ~19%.
5. Температура повітря при туманах на станції змінюється від -12°C до +18°C, при цьому 64% туманів спостерігалися при додатних температурах. Найчастіше (~66%) температура повітря при туманах складає від -5°C до +5°C. Максимум температури при тумані 18,5°C відмічено 24.09.2015 р., мінімум -12,6°C зареєстровано 19.01.2017р. Утворення туману при температурах $\leq -10^\circ\text{C}$ відмічалось у січні-лютому 2013-2014 і 2017 рр. У січні 2017 р. усі тумани сформувалися при від'ємних температурах.
6. При туманах на станції переважає східний вітер ~36%. Найрідше тумани формуються за південно-західного вітру (~1%). Східний вітер переважає у всіх досліджуваних роках, в усі сезони, за винятком літа. Висока повторюваність туманів на станції при штилях (~30%).

7. Розподіл швидкості вітру при туманах показує, що посилення вітру $7-8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ зареєстровано у січні-лютому 2013 р., січні 2014 і 2016 рр., жовтні 2016 р. і листопаді 2015 р. Швидкість вітру $>8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ при туманах не відмічалася. В інші роки тумани формувалися переважно за слабого вітру $1-2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Середня швидкість вітру склала $1,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ з варіацією посезонно від $1,9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ взимку до $1,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ навесні.
8. Найбільша тривалість туманів спостерігається в осінні та зимові місяці, в жовтні – лютому вона складає від 15 до 50 год. В Чернівцях спостерігаються тумани всіх градацій тривалості: від 1 години до >24 годин. У всіх сезонах переважають тумани тривалістю 1-2 год. Найрідше відмічаються тривалі тумани, що існують більше доби.
9. В середньому за рік у Чернівцях $\sim 36\%$ випадків припадає на тумани з видимістю 1000-500 м, 43% – 500-100 м і $\sim 21\%$ – 100-50 м. Взимку переважають сильні тумани (49%), влітку дещо підвищена частота слабких і помірних туманів (37%), навесні та восени незначно домінують помірні тумани – 47% і 41% відповідно.
10. Порівняння статистичних характеристик туманоутворення на АМСЦ Чернівці за 2013-2017 рр. з середньокліматичними, показує: щорічна повторюваність туманів наближувалася до максимуму у 2013 і 2014 рр., у 2017 р. – близька до норми, а у 2015-2016 рр. виявилася нижчою норми. Середня повторюваність за досліджуваний період на 7 днів більше середньокліматичної. У січні-лютому і з вересня по грудень у 2013-2017 рр. тумани спостерігалися частіше на 2-3 дні, а влітку дещо рідше від середньокліматичних показників.
11. Досліджено явища погоди, пов'язані з туманами – ожеледь, яка формується на станції з жовтня до березня, максимум днів відмічається у грудні-лютому. В жовтні, листопаді та березні ожеледь буває не щорічно. Найчастіше ожеледь триває до 12 годин (60%). Максимальна тривалість ожеледі зафіксована у січні 2014 р. - 98 годин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Антонов В.С. Климат Черновцов.Черновцы. Зелена Буковина, 1999. 152 с.
2. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. Учебник. СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. 328 с.
3. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 347 с.
4. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии. Л: Гидрометеиздат, 1987. 183 с.
5. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Авиационные прогнозы погоды. СПб.: РГГМУ, 2003. 164 с.
6. Дорофеев В.В. Наклонная дальность видимости / В.В. Дорофеев, Г.С. Нахмансон. Монография. Воронеж, 2007. 209 с.
7. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
8. Івус Г.П., Боровська Г.О. Практикум з авіаційної метеорології: навч. посібник. Одеса: Екологія, 2006. С. 170-189.
9. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Авіаційна метеорологія. Конспект лекцій. Дніпропетровськ: Економіка, 2006. 140 с.
10. Клімат України / Під ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ. Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
11. Кліматичний кадастр України [Електронний ресурс] / Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна геофізична обсерваторія. Київ, 2006. 2296 с.
12. Кошеленко И.В. Туманы // Труды Укр НИГМИ. 1976. Вып. 225. 215 с.
13. Кошеленко И.В. Туманы // Труды УкрНИГМИ. 1977. Вып.155. 160 с.
14. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие. Кировоград: ГЛАУ, 2010. 184 с.
15. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине // Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып.110. С.178-189.
16. Правила метеорологічного забезпечення авіації (ПМЗА). Київ, 2005. 86 с.
17. Практикум з синоптичної метеорології: Навчальний посібник / Під ред. Г.П.Івус, С.М. Іванової. Одеса: Вид-во «ТЭС», 2004. 419 с.

18. Природа Чернівецької області / Під ред. К.І. Геренчука. Львів: Видавниче об'єднання «Вища школа», 1978. 160 с.
19. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, Ч.1. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 702 с.
20. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации // Под ред. Абрамович К.Г., Васильева А.А. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 301 с.
21. Стихийные гидрометеорологические явления на Украине и в Молдавии. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
22. Яковлев А.М. Авиационная метеорология. Изд. «Транспорт». 1971. 248 с.
23. <http://airportchernivtsi.cv.ua/en/>

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
до магістерської кваліфікаційної роботи
маг. гр. МНЗ-ІІм з/ф Велечука Валерія Танасійовича
на тему
«Особливості формування туманів на АМСЦ Чернівці»

Виконання магістерської кваліфікаційної роботи проведене в рамках бюджетної кафедральної тематики «Динаміка зональних екстремальних погодних явищ та їх чисельне моделювання в змінних кліматичних умовах в Україні» №0116u002403. Результати, отримані в магістерській кваліфікаційній роботі можуть бути використані у розділах звіту з науково-дослідної роботи кафедральної теми.

Зав.кафедрою

/Івус Г.П./

Додаток Б
Синоптичні карти погоди

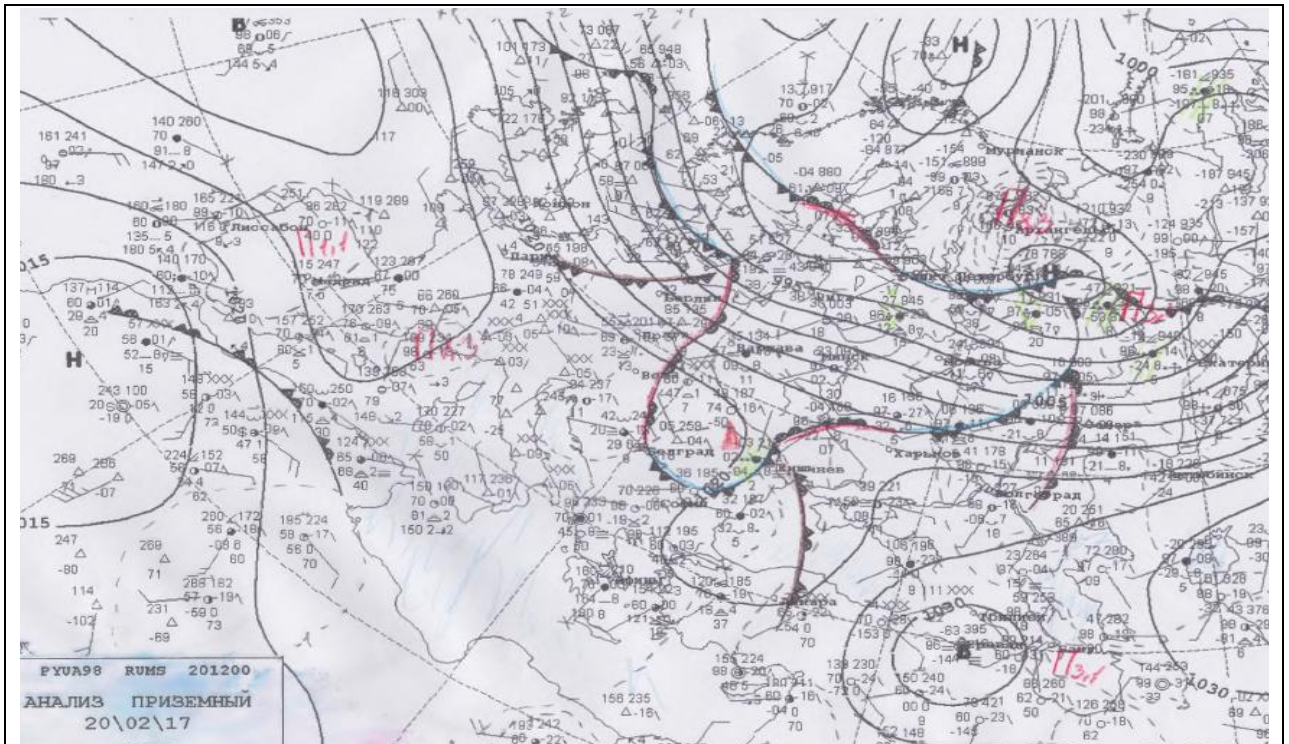


Рис. Б.1. Приземний аналіз за 20.02.2017 р., 12 ВСЧ

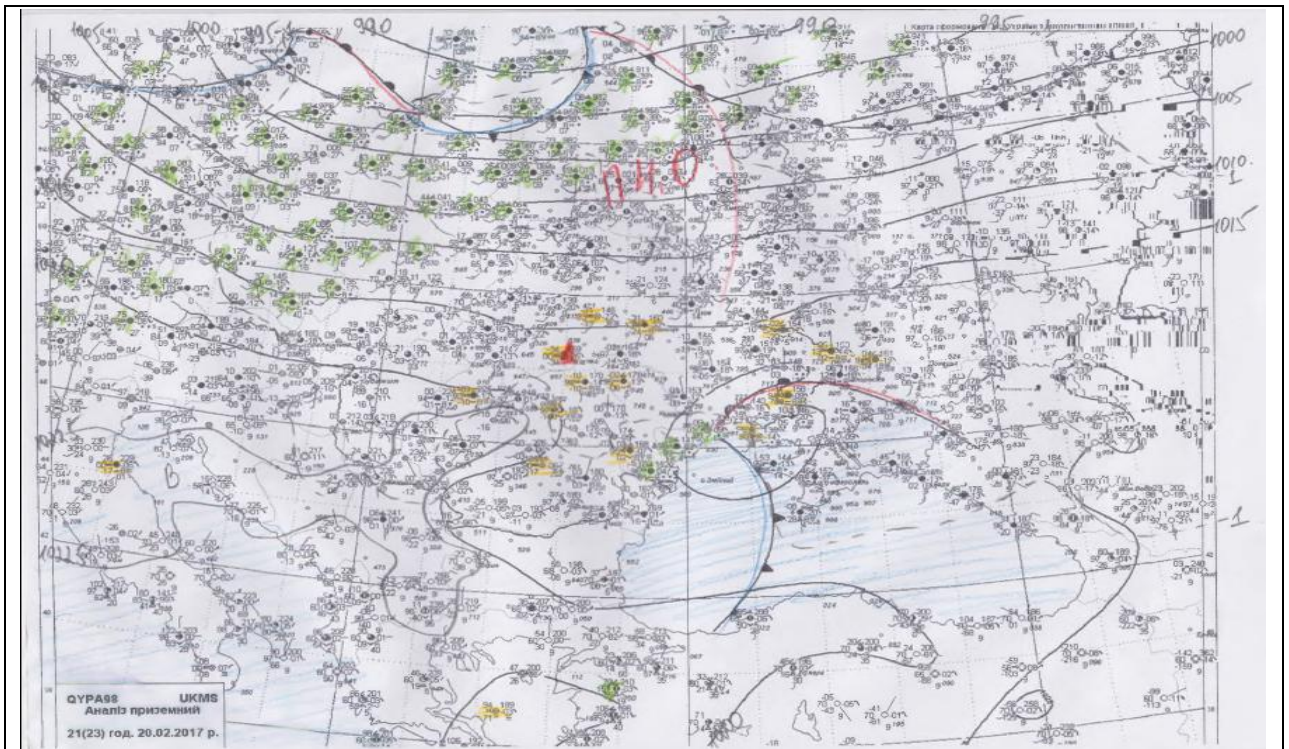


Рис. Б.2. Приземна кільцева карта за 20.02.2017 р., 21 ВСЧ

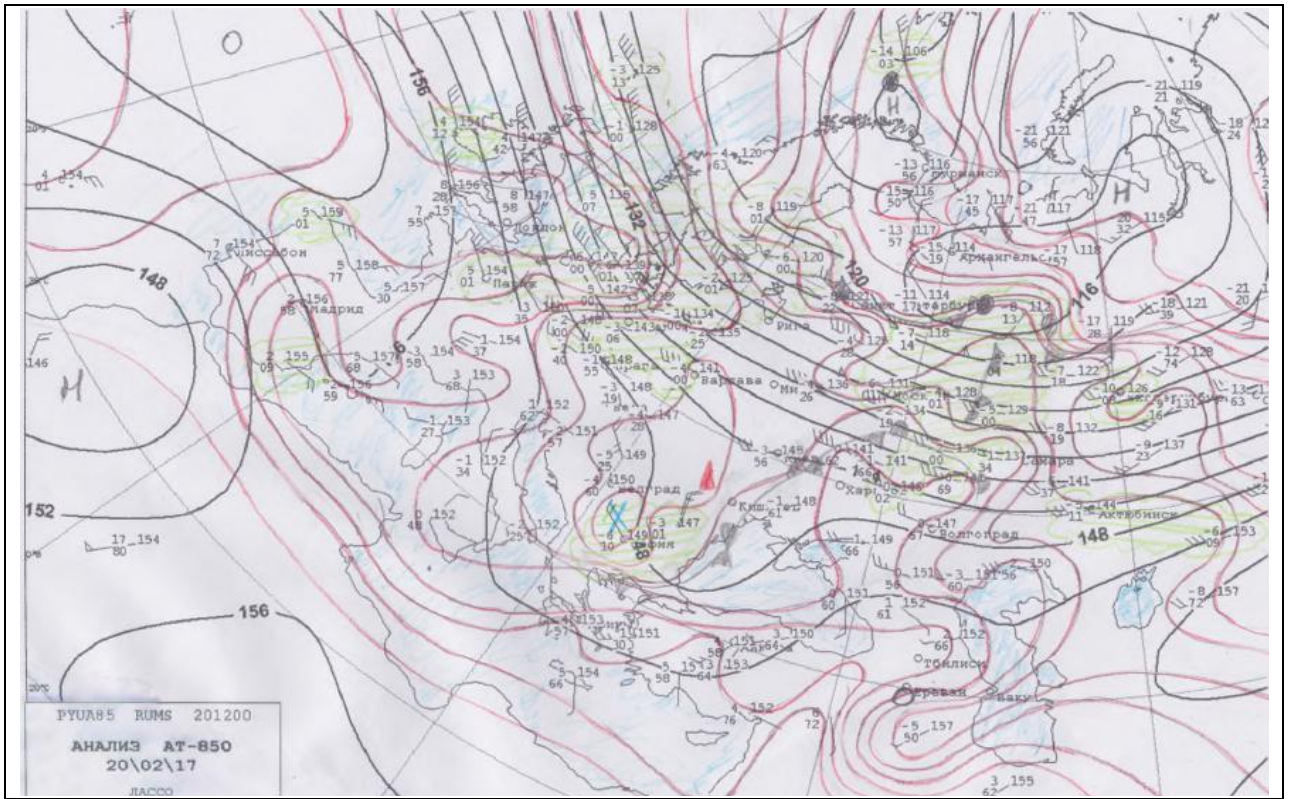


Рис. Б.3. Карта АТ-850 за 20.02.2017 р., 12 ВСЧ

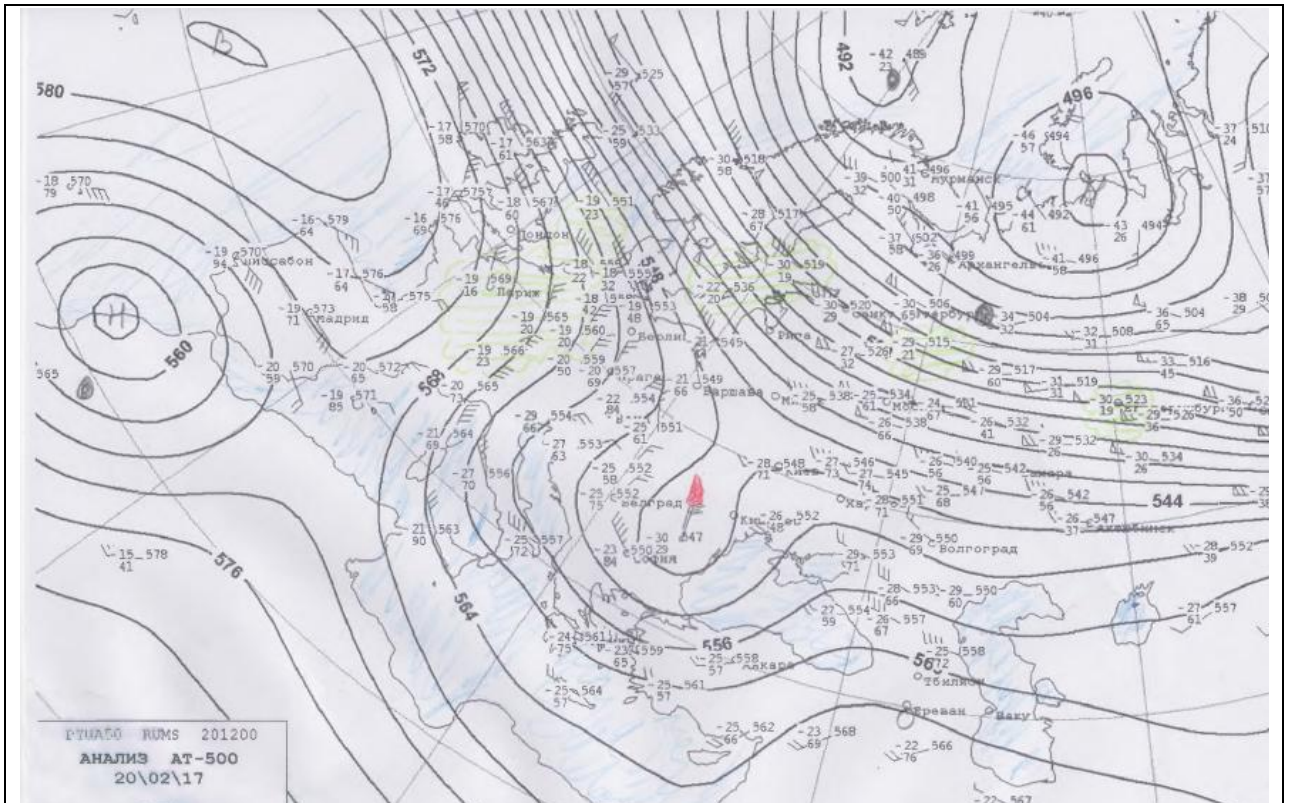


Рис. Б.4. Карта АТ-500 за 20.02.2017 р., 12 ВСЧ

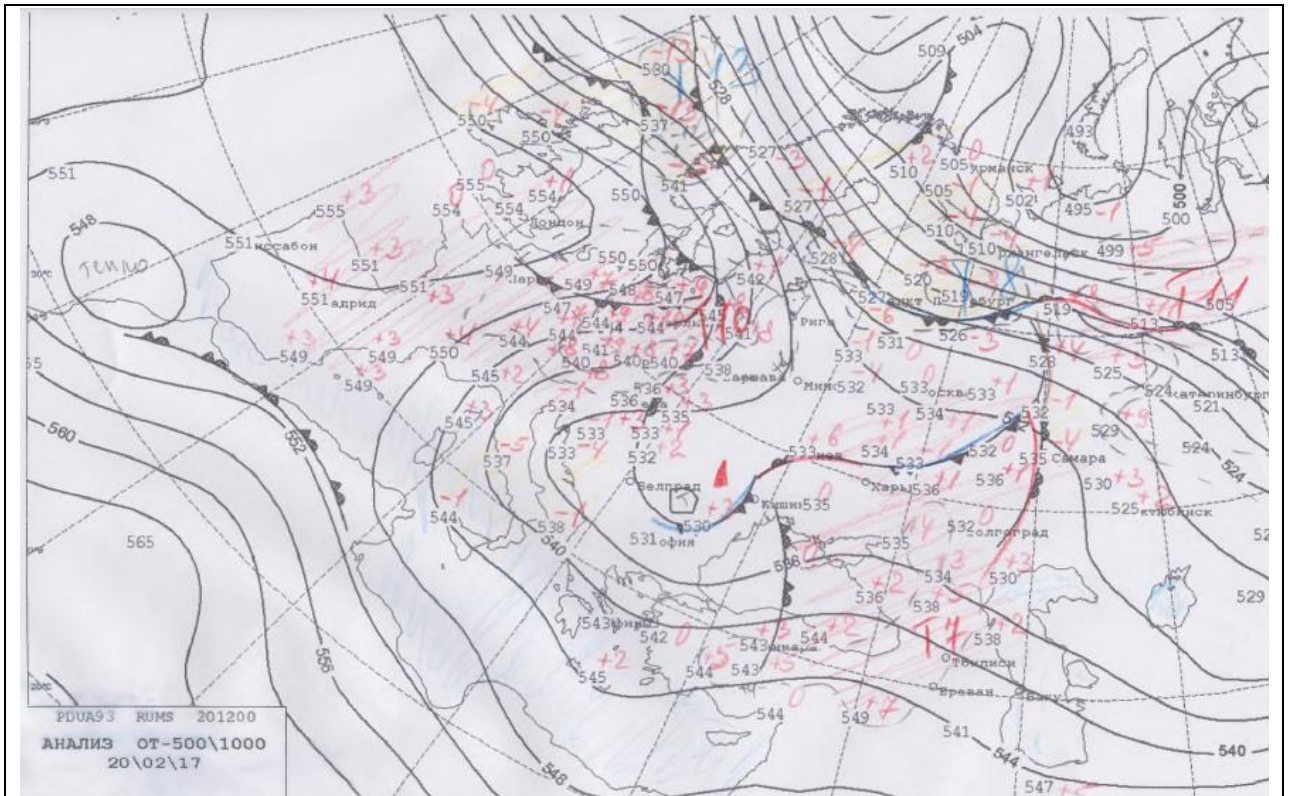


Рис. Б.5. Карта ВТ-500/1000 за 20.02.2017 р., 12 ВСЧ

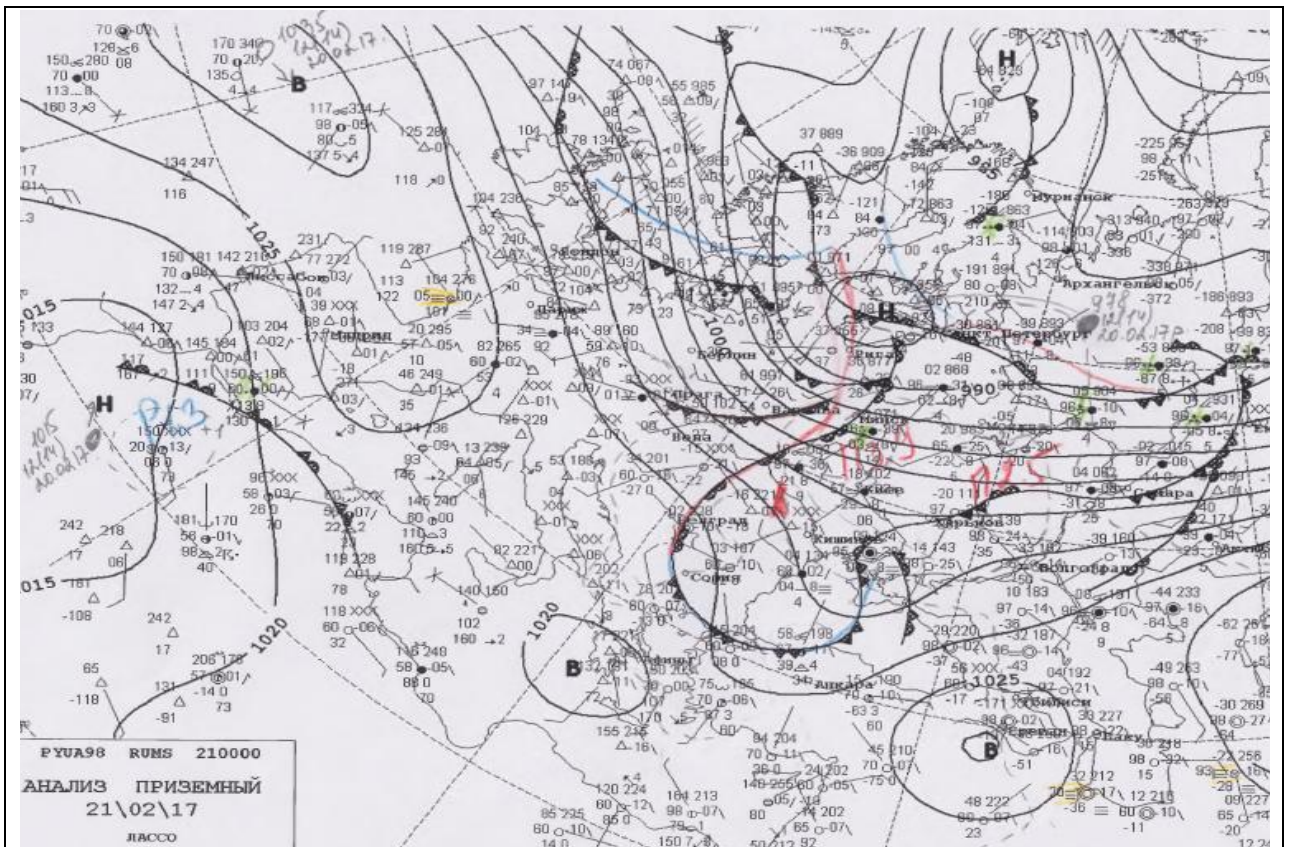


Рис. Б.6. Приземный анализ за 21.02.2017 р., 00 ВСЧ

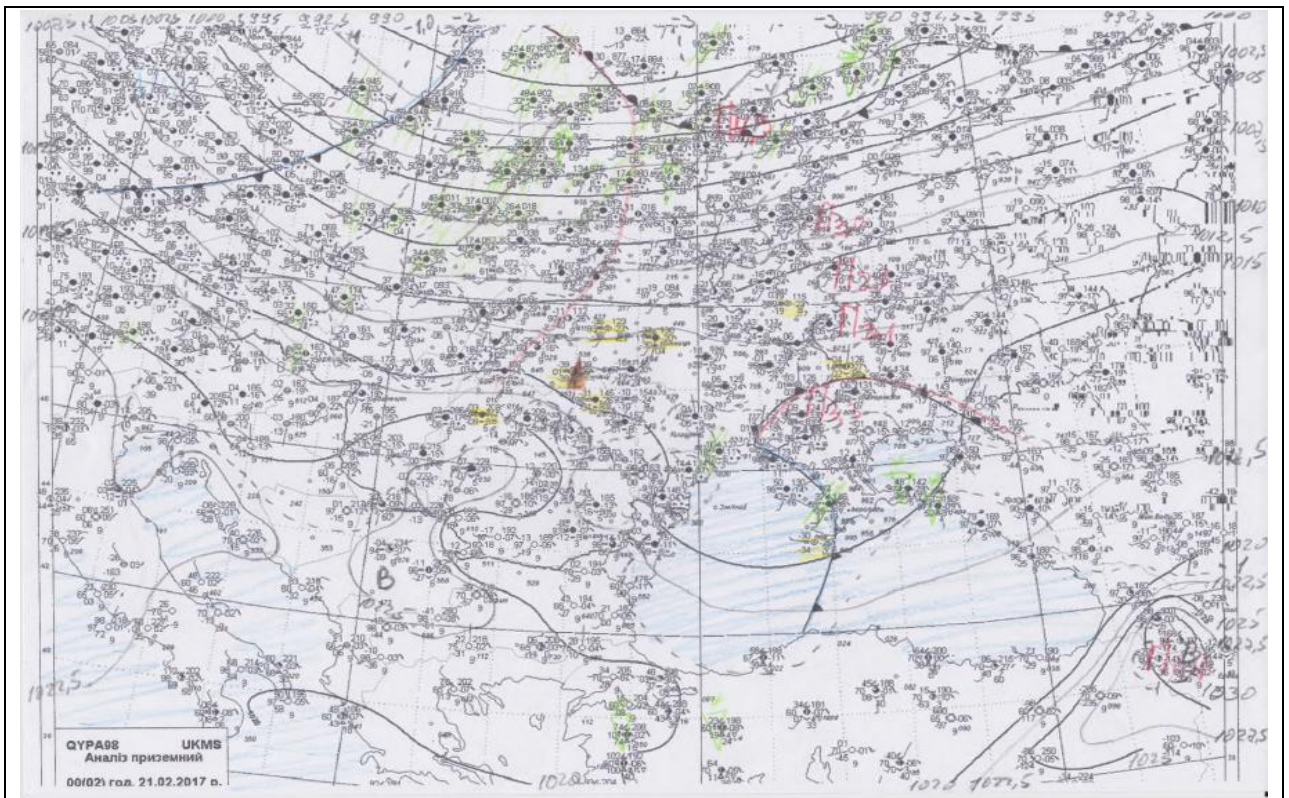


Рис. Б.7. Приземна кільцева карта за 21.02.2017 р., 00 ВСЧ

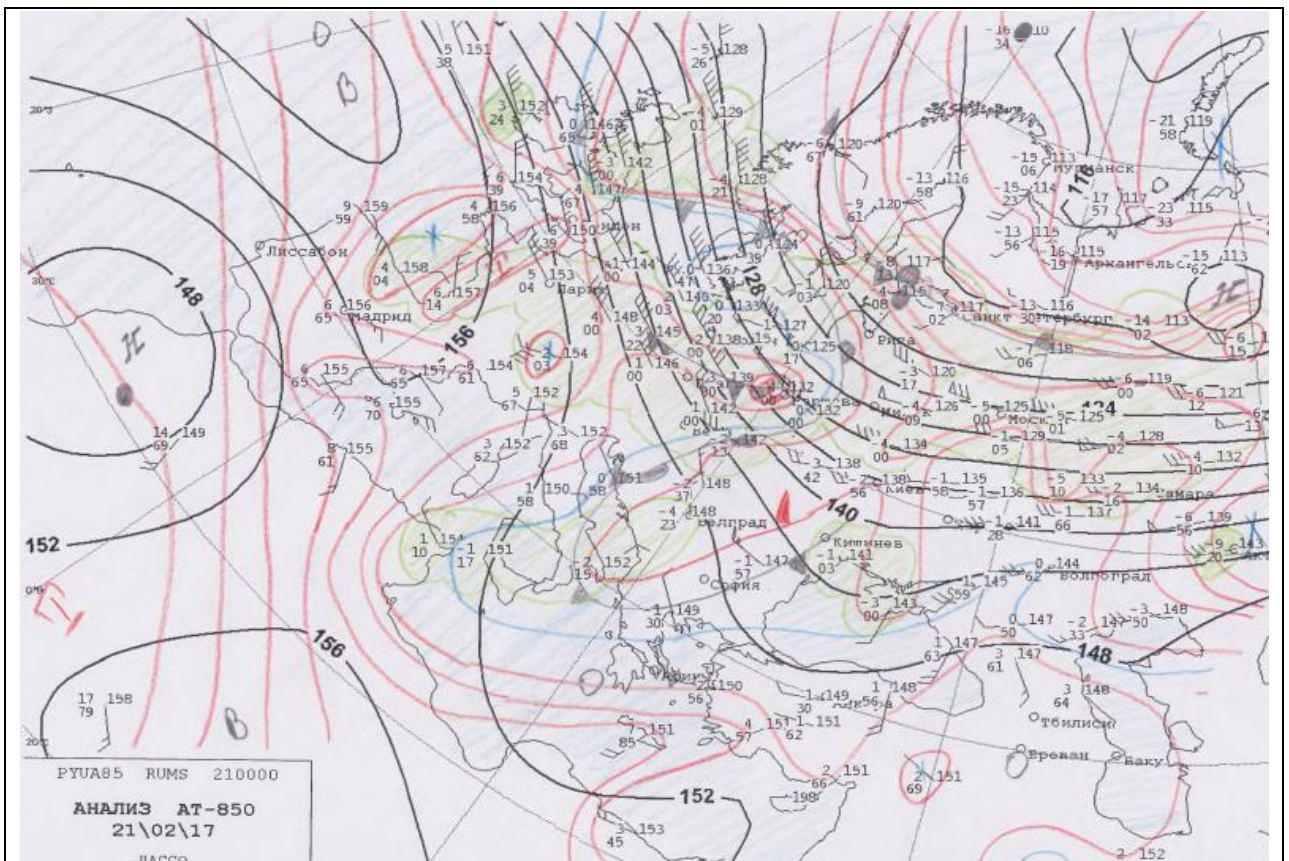


Рис. Б.8. Карта АТ-850 за 21.02.2017 р., 00 ВСЧ

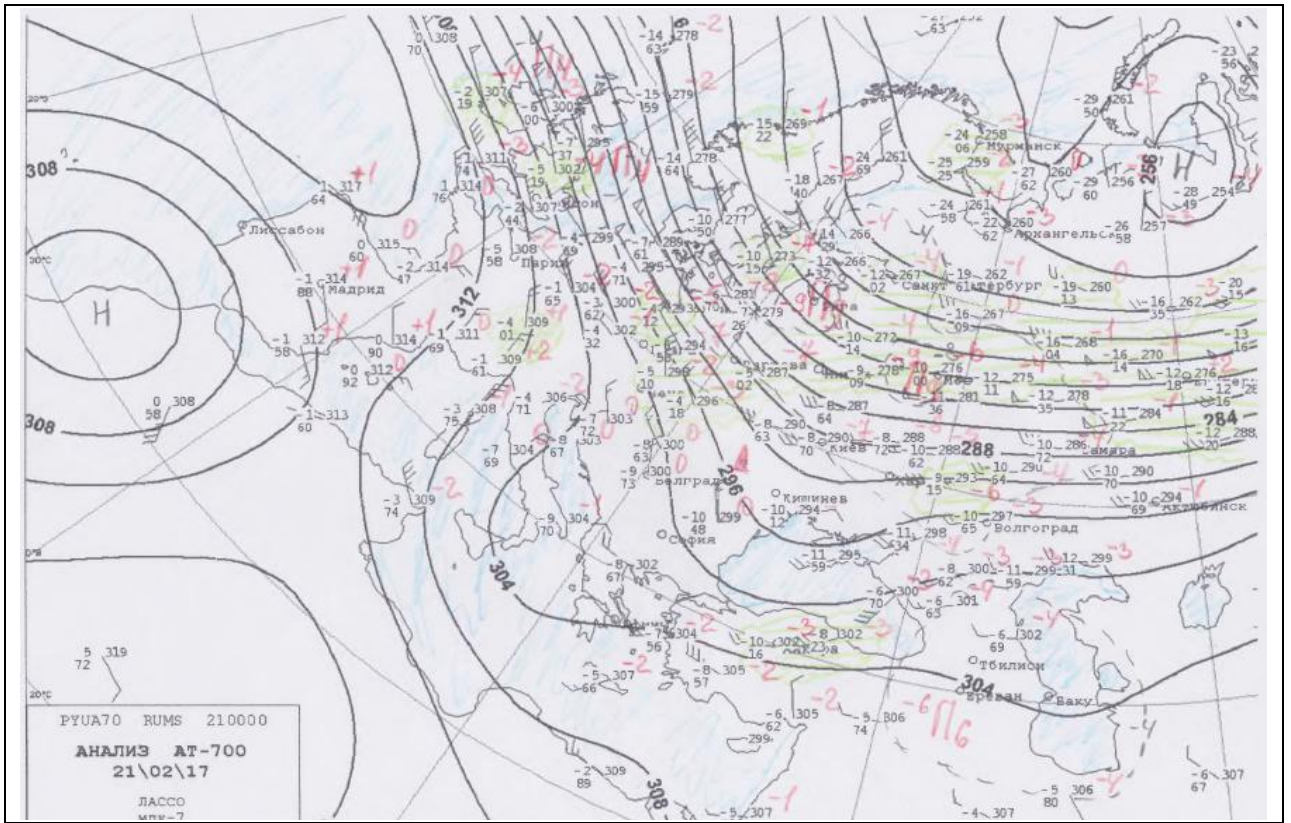


Рис. Б.9. Карта АТ–700 за 21.02.2017 р., 00 ВСЧ

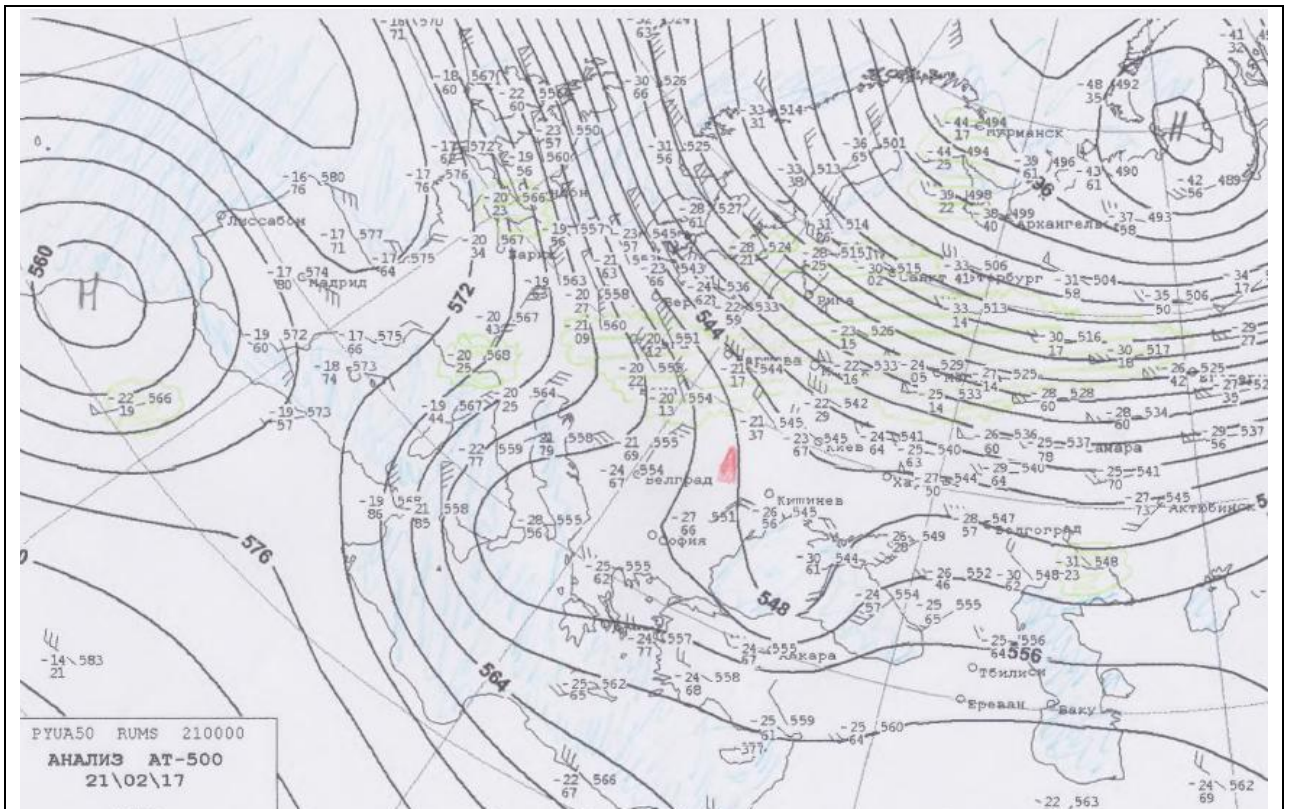


Рис. Б.10. Карта АТ–500 за 21.02.2017 р., 00 ВСЧ

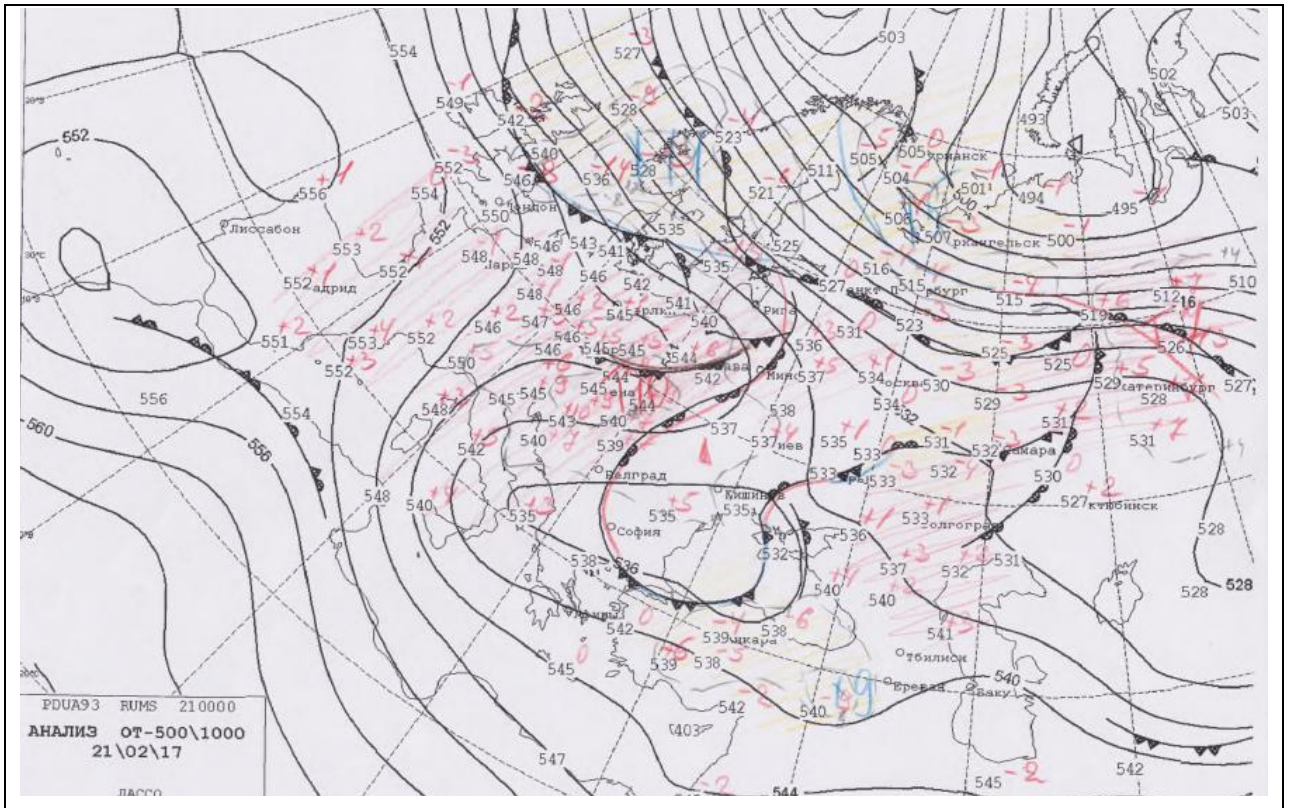


Рис. Б.11. Карта ВТ-500/1000 за 21.02.2017 р., 00 ВСЧ