

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему «Характеристики грозової діяльності над Харковом»

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-61м
спеціальності 103 - “Науки по Землю”
Назарова Олена Олександрівна

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

Рецензент к.геогр.н., доц.
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

_____ “ 23 ” березня 2018 року _____

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Назаровій Олені Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Характеристики грозової діяльності над Харковом
керівник роботи _____ **Нажмудінова Олена Миколаївна к.геогр.н., доц.**

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 02 листопада 2017 р. № 321-С

2. Строк подання студентом роботи _____ 01 червня 2018 р.

3. Вихідні дані до роботи дані бюлетенів погоди; результати наземних метеорологічних спостережень; дані температурно-вітрового зондування - карти поверхонь АТ-850, АТ-700, АТ-500, ВТ-500/1000; карти розподілу кількості опадів; карти, таблиці і зведення про штормові явища погоди та СГЯ; карти МРЛ; дані МШСЗ; 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 грозової діяльності у 2011-2017 рр. за даними ст.34300 Харків (аеропорт). 3) Визначення статистичних характеристик повторюваності грози за роками, місяцями, денних, нічних, сухих, з опадами, тощо. 4) Встановлення особливостей циркуляційних умов формування грозової діяльності. 5) Аналіз структурних особливостей полів хмарності при виникненні грози різного походження з даними метеорологічних штучних супутників Землі (МШСЗ).

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23.03. 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд наукової літератури, сучасних публікацій за темою дослідження. Формування теоретичної частини роботи.	07.04.2018	95	відмінно
2	Вибір вихідних даних, робота з архівними матеріалами. Робота в мережі Internet, пошук необхідної інформації.	21.04.2018	95	відмінно
3	Складання таблиць, додатків, побудова гістограм.	30.04.2018	80	добре
	Рубіжна атестація	30.04 – 06.05.2018	90	відмінно
4	Проведення аналізу статистичних характеристик повторюваності грози. Систематизація даних циркуляційних умов виникнення гроз. Аналіз полів хмарності при грозах за даними МШСЗ.	20.05.2018	80	добре
5	Складання висновків. Кінцеве редагування тексту. Підготовка презентації і доповіді до захисту матеріалів магістерської роботи.	01.06.2018	90	відмінно
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			90	відмінно

Студент _____
 (підпис)

Назарова О.О.
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
 (підпис)

Нажмудінова О.М.
 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Характеристики грозової діяльності над Харковом»

Автор: Назарова Олена Олександрівна.

Актуальність дослідження формулюється тим, що гроза є найбільш небезпечним явищем погоди, з нею пов'язані сильні електричні розряди, інтенсивні зливові опади, град, шквалисте посилення вітру, які впливають на діяльність усіх галузей народного господарства.

Мета роботи: виявлення тенденції зміни повторюваності грози над Харковом у 2011–2017 рр.

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

- проведений аналіз повторюваності грози за даними строкових спостережень по ст. 34300 Харків;
- виділено особливості річного, сезонного і місячного розподілу гроз;
- визначені типові циркуляційні процеси формування грозової діяльності над Харковом;
- досліджено особливості хмарних полів при процесах грозоутворення.

Об'єкт дослідження: грозова діяльність.

Предмет дослідження: статистичні характеристики грозової діяльності.

Методи дослідження: синоптико-кліматичний аналіз, просторово-часове узагальнення даних.

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі використані дані повторюваності грози над Харковом в останніх семи роках. Визначено статистичні характеристики грозової діяльності в умовах сучасних змін регіонального і глобального клімату.

Практичне значення отриманих результатів. Статистичні характеристики грозової діяльності виділяють відхилення від кліматичних норм. Виділені типові синоптичні ситуації формування грози над Харковом можуть бути використані для уточнення прогностичних методик.

Магістерська кваліфікаційна робота в обсязі 68 сторінок складається з 5 розділів, висновків, переліку посилань з 20-ти джерел, 3-х додатків, містить 26 рисунків та 6 таблиць в основному тексті.

Ключові слова: гроза, конвекція, повторюваність, синоптичні умови формування, супутникові знімки.

SUMMARY

Theme of master's qualification works «Characteristics of thunderstorm activity over Kharkiv».

Author: Nazarova Elena.

The study is formulated by the fact that the storm is the most dangerous phenomenon of the weather, with it connected by strong electric discharges, intense storm precipitation, hail, squalls, which influence the activity of all branches of the economy.

Objective: Revealing of the tendency of change of repetition of a thunderstorm over Kharkov in 2011 – 2017 years.

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

- the analysis of repetition of a storm according to the data of term observations is by station 34300 Kharkiv;
- the features of the annual, seasonal and monthly distribution of thunderstorm are selected;
- typical circulating processes of formation of thunderstorm over Kharkov are defined;
- the features of the cloud fields in the processes of lightning formation are thunderstorm.

Object of study: thunderstorm

Subject of research: statistical characteristics of distribution thunderstorm.

Research methods: synoptic-climatic analysis, spatial-temporal generalization.

The scientific novelty of the obtained results. The study is formulated the data of repetition of the thunderstorms over Kharkov in the last seven years. Statistical characteristics of storm activity in conditions of modern changes of regional and global climate are determined.

Practical significance of the obtained results. Statistical characteristics of thunderstorms allocate deviations from climatic norms. The typical synoptic situations of formation of thunderstorms over Kharkov can be used to refine prognostic methods.

Master's qualification work in volume 68 pages consists of 5 sections, conclusions, list of references from 20 sources, three annexes, contains 26 figures and 6 tables in the main text.

Keywords: thunderstorms, convection, repeatability, synoptic conditions of formation, satellite imagery.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальні відомості про грозу.....	7
2 Фізичний механізм формування конвективної хмарності.....	12
3 Умови польотів в зоні грозової діяльності.....	17
4 Деякі аспекти прогнозу грози.....	19
4.1 Метод Лебедєвої.....	19
4.2 Метод Уайтінга.....	22
4.3 Метод прогнозу гроз Решетова.....	23
4.4 Прогноз нічних гроз за методом Ягудіна.....	24
5 Особливості грозової діяльності над Харковом в 2011-2017 рр.....	26
5.1 Статистичні характеристики.....	26
5.2 Циркуляційні умови формування грози над Харковом.....	32
5.3 Застосування супутникових даних до визначення характеристик грозової діяльності.....	38
5.4 Синоптичні процеси виникнення ранньої і пізньої грози над Харковом.....	45
Висновки.....	51
Перелік посилань.....	53
Додаток А. Довідка.....	55
Додаток Б. Вихідні дані.....	56
Додаток В. Синоптичні карти погоди.....	64

ВСТУП

У даній магістерській роботі досліджуються характеристики грозової діяльності над містом Харків.

Гроза представляє собою комплексне явище, при якому спостерігається утворення та розвиток купчасто-дощових хмар, які супроводжуються багатократним електричним розрядом у вигляді блискавки та звуковим ефектом - громом.

В основному грози на Україні виникають внаслідок зміщення з північного заходу або заходу улоговини з холодним фронтом з хвилями, а також при переміщенні південно-західних циклонів та розвитком циклонічної діяльності над Чорним морем. В останні десятиліття на території країни на ряді станцій максимальне число днів з розою зросло (подекуди на 4 дні), що може бути зумовлено зміною положення висотно-фронтальної зони (ВФЗ) та посиленням меридіональних процесів.

Питання вивчення є актуальним для багатьох галузей народного господарства, оскільки грози є найбільш небезпечним явищем погоди.

Грози здійснюють особливо значний вплив на повітряний транспорт. Окрім потужних грозових розрядів, які можливі в хмарі, на повітряне судно (ПС) впливають сильні вертикальні токи всередині хмари і навколо неї, інтенсивна турбулентність, яка викликає бовтанку ПС, сильне зледеніння, град, удари якого об обшивку літака можуть призвести до розгерметизації кабіни; порушується зв'язок, викривляються дані аеронавігаційних приладів і ПС електризуються.

Своєчасне і надійне виявлення, локація і трасування грозових осередків, знання структури і часової мінливості електромагнітного випромінювання, що супроводжує грозу, є найважливішим елементом прогнозування небезпечних явищ погоди і успішного рішення прикладних задач.

У якості методів дослідження використовувалися синоптико-кліматичний аналіз, просторово-часове узагальнення даних.

Робота складається з п'яти розділів. У першому розділі наведені загальні характеристики грозової діяльності: класифікація гроз, циркуляційні фактори і сприятливі метеорологічні умови формування грозової діяльності.

Розділ 2 формулює теоретичні відомості про конвективні процеси, що безпосередньо пов'язані з грозоутворенням. У третьому розділі висвітлені

актуальні питання впливу грозової діяльності на авіацію. В четвертому розділі наведені деякі методи прогнозу різних видів грози.

Практична частина представлена у 5 розділі. Досліджуються статистичні характеристики грозової діяльності над Харковом за період 2011-2017 рр.: встановлені особливості повторюваності річного, сезонного і місячного розподілу грози; повторюваність денних, нічних, сухих гроз і гроз з опадами. Значну частину роботи займає синоптичний аналіз умов виникнення грози: виділені типові поля і розподіл грози за типами. Детально проаналізовані структурні особливості хмарності при виникненні грози різного походження, окрема увага приділена розгляду формування зон активної конвекції (ЗАК).

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 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГРОЗУ

Гроза — комплексне атмосферне явище, що супроводжується електричними розрядами, значними опадами та нерідко градом.

У помірних широтах грозова діяльність в основному спостерігається у теплий період року і виникає у купчасто-дощових хмарах завдяки розвитку атмосферної конвекції. Зимові грози також пов'язані із зонами «затопленої» конвекції на загальному фоні шаруватоподібних хмар [8-9, 13-14].

В основному грози спостерігаються з травня до вересня. Майже на всій Україні їх повторюваність у цей період становить 96 - 97% від загальної кількості. Найчастіше грози спостерігаються у червні та липні. Зимою грози виникають дуже рідко, на сході (Сумська, Харківська, Луганська області) вони взагалі не зафіксовані. На решті території третина зимових гроз буває один раз за 10 - 15 років, а більша частина - один раз за 20 -25 років.

Гроза та перераховані явища є наслідком нестійкості атмосфери, що проявляється у виникненні значних вертикальних рухів дуже вологого повітря при великих градієнтах температури та утворенні потужних купчастих і купчасто-дощових хмар. Головним процесом, що зумовлює утворення гроз всередині однорідних повітряних мас, є термічна конвекція у чистому вигляді або в поєднанні з динамічною, чи під впливом орографії.

Виділяють фронтальні та внутрішньомасові грози.

Внутрішньомасові грози утворюються над континентом переважно влітку в післяполуденні години, коли температура повітря біля поверхні землі максимальна; над морем ці явища спостерігаються найчастіше взимку та в нічні години.

Внутрішньомасові грози залежно від причин утворення поділяються:

- конвективні;
- адвективні;
- орографічні.

Типовими синоптичними ситуаціями виникнення внутрішньомасових гроз є тилова частина циклону та циклон, що заповнюється. Конвективні грози іноді називають тепловими або місцевими. Вони утворюються в розмитих баричних полях - на периферії циклонів в стадії заповнення і в сідловинах, через нерівномірний прогрів підстильної поверхні. Грози виникають у випадках, коли земна поверхня сильно прогріта, повітря в нижньому шарі тепле і вологе, а у вище розташованих шарах відносно

холодне. Такі грози виникають в купчасто-дощових хмарах звичайно влітку в денний час і припиняються ввечері. Переміщаються такі грози за напрямком, близьким до напрямку вітру на середніх висотах, зі швидкістю 5-20 км·год⁻¹.

Адвективні грози утворюються в тилівій частині циклону і на східній периферії антициклону при переміщенні відносно холодної повітряної маси над теплою підстильною поверхнею. Характерною синоптичною ситуацією для їх розвитку є передня частина гребеня в холодній повітряній масі за холодним фронтом. Такі грози можуть також спостерігатися над узбережжям в денний час і над прибережними водами морів вночі.

Різновидом внутрішньомасових гроз є орографічні грози, зумовлені підйомом нестійкого повітря уздовж схилів гір. Ці грози виникають найчастіше на навітряних схилах гір. Турбулентність, викликана такою грозою, підсилюється механічною турбулентністю, що виникає при перевалюванні повітряним потоком гірського хребта, такий ефект називається «ефектом підпруження».

Внутрішньомасові грози поширюються за площею окремими осередками на значній відстані один від одного. Ознакою виникнення внутрішньомасових гроз є висококупчасті «башенкообразные» хмари (As cast), які з'являються в ранкові години після сходу сонця на горизонті.

Фронтальні грози утворюються внаслідок витіснення теплого вологого повітря наступаючим валом холодного. Зона грозової діяльності (значної горизонтальної протяжності) звичайно розміщується вздовж фронту на декілька сотень, а впоперек фронту на декілька десятків кілометрів. Найбільш сприятливі умови для потужного розвитку купчасто-дощових хмар з сильними грозами та зливами утворюються при дивергенції висотних повітряних течій [7, 9, 14].

Грозові хмари на холодних фронтах пов'язані з потужним витісненням теплої повітряної маси високого вологовмісту і нестійкої стратифікації вгору наступаючим валом холодного повітря; часто досягають висоти тропопаузи, а іноді перевищують її. Іноді, в основному при проходженні холодних фронтів II типу, можливі так звані сухі грози, що не супроводжуються випадінням опадів.

Грози на теплому фронті порівняно рідке явище; вони розвиваються в теплому нестійкому повітрі, при висхідному ковзанні, утворюються в теплу пору року переважно вночі або в ранкові години. На Україні грози цього типу спостерігаються при переміщенні циклонів з півдня, коли в теплому секторі циклону розташовується вологе і нестійке тропічне повітря. У цьому

випадку грози можуть виникнути раптово на значній території вздовж теплового фронту і мати велику активність не тільки вдень, але і вночі.

Часто грози спостерігаються на фронтах оклюзії, особливо за типом холодного фронту. Більш холодне повітря витісняє менш холодне, проникає під поверхню теплового фронту, піднімаючи наверх тепле повітря, і цим спричинює розвиток цілого валу купчасто-дощових хмар за лінією фронту.

Найчастіше фронтальні грози виникають безпосередньо поблизу поверхні фронту у вигляді смуги, ширина якої становить десятки кілометрів, і нерідко супроводжуються шквалами, зливами та градом. Утворення грози спостерігається поблизу чи в центрі невеликого хвильового збурення, де існують зони з досить контрастними температурами. В теплій повітряній масі денні температури звичайно перевищують 30...35 °С, а в холодному повітрі вони коливаються в межах 16...22 °С.

Гроза діяльність на атмосферних фронтах тим інтенсивніша, чим більша різниця температур між повітряними масами по обидва боки фронту, і чим більший вологовміст теплового повітря, тому найбільш інтенсивні грози спостерігаються не на арктичних, а на полярних фронтах, які поділяють тропічне і помірне повітря. Фронтальні грози розташовуються уздовж фронту у вузькій витягнутій зоні, довжина зони може сягати ≥ 1000 км, а ширина 50-100 км. Якщо в нижніх шарах грозові хмари можуть зливатися в загальний хмарний масив, то на висотах >3 км між ними спостерігаються просвіти від 5 до 150 км. Фронтальні грози переміщуються разом з фронтом у напрямку повітряних течій на висотах 3-5 км [7, 9, 14].

Одночасно зі зливами при грозах спостерігаються електричні розряди (блискавки) між хмарами чи між хмарами і землею, а також різке посилення вітру у вигляді вихорів з горизонтальною (шквали) та іноді вертикальною (смерч) осями. За кліматичними показниками у середньому одна з 10 гроз супроводжується градом. Близько 70% гроз мають фронтальне походження.

За рік над рівнинними районами України переважно спостерігається до 27-30 днів з грозою [7, 9].

Відмінності у розподілі найбільшого числа днів з грозою зумовлені рельєфом (орієнтація гірських хребтів відносно провідного потоку, висота схилів, їх захищеність) і властивостями повітряних течій.

Тривалість гроз має чітко виражений річний хід. Найтриваліші грози у червні-серпні – до 15-20 год. (в горах до 30-45 год.). Тривалість однієї грози на рівнинах вона становить 2,1-2,3 год. Найтривалішими є грози, що утворюються у другій половині дня.

Виникненню і розвитку грозової ситуації сприяють умови [8, 13-14]:

- високий вологовміст повітря біля поверхні землі і на висотах;
- нестійкість повітряних мас;
- низьке положення ізотерми $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, біля якої розташовується рівень інтенсивної кристалізації;
- велика вертикальна довжина купчасто-дощових хмар (верхня межа вище ізотерми $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- наявність неоднорідності підстильної поверхні, що забезпечує розвиток динамічної і термічної конвекції.

В останні роки інтерес до вивчення грозового процесу, як одного з найбільш потужних природних джерел широкосмугового електромагнітного випромінювання збільшився. Це обумовлено, зокрема, відкриттям нових фізичних явищ, що виникають у верхній атмосфері (джети і спрайти), і зв'язком грозового процесу з космічним випромінюванням і динамічними процесами в атмосфері й іоносфері.

Джети і спрайти - це короточасні (одиниці 10^{-3} с) оптичні спалахи відповідно блакитного і червоного світіння, що виникають у верхній атмосфері над грозовими хмарами. Джети характеризуються переважно блакитним світінням, виникають безпосередньо над грозовою хмарою і поширюються у виді вузьких конусів нагору зі швидкістю близько $100\text{ км}\cdot\text{с}^{-1}$, досягаючи висот 40...50 км. Спрайти - це більш протяжні слабосвітні утворення, переважно червоного світіння, що також виникають над грозовими хмарами (їхня поява збігається з розвитком найбільш потужнострумових позитивних розрядів хмара-земля або потужних внутрішньохмарних розрядів). Область найбільш яскравого світіння спрайтів розташовується в інтервалі висот 65-75 км [11].

2 ФІЗИЧНИЙ МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ КОНВЕКТИВНОЇ ХМАРНОСТІ

Конвективні вертикальні рухи повітря (конвекція) виникають в результаті дії на елементарний об'єм (частку) сил плавучості, а також механічних сил, обумовлених динамічними факторами. У першому випадку виникає термічна, або вільна конвекція, а в другому - вимушена.

Основними причинами формування термічної конвекції в пограничному шарі атмосфери є нерівномірний прогрів підстильної поверхні і нестійка стратифікація атмосфери. При цьому перегріте повітря починає підніматися від вихідного рівня, його температура знижується з висотою повільніше, ніж навколишнього повітря, і воно виявляється теплішим і легшим щодо навколишнього середовища на вище розташованих рівнях. Додатково для цього в ненасиченому повітрі вертикальний градієнт температури повинен бути більше сухоадіабатичного, а в насиченому - більше вологадіабатичного.

Вимушена конвекція переважно спостерігається в зоні атмосферних фронтів і на навітряних схилах височин і гір. Повітря в цьому випадку спочатку піднімається за рахунок упорядкованих вертикальних рухів або натікання потоку на височину, а вище рівня конденсації - в результаті виділення теплоти конденсації - під впливом термічних причин [1, 8, 13-14].

Дослідження гроз показало, що характерним одиничним утворенням у них є окремий осередок, що є локалізованою областю з великим електричним потенціалом. Грозава хмара звичайна складається з декількох таких окремих осередків. Середній радіус основи такого осередку приблизно складає 2 км. Вершина осередку в середніх широтах розташована на висотах 8-12 км. Повний цикл життя конвективного осередку складає біля години, тривалість стадії зрілості дорівнює 15-30 хв, стадії загасання близько 30 хв. Гроза, що продовжується кілька годин, є результатом діяльності декількох конвективних осередків. Кононов у [10-12] пропонує вважати грозовою коміркою область, у якій спостерігаються блискавичні розряди, відстань між якими не перевищує 3-5 км. Грозивим осередком пропонується називати хмарну систему, що включає один або кілька осередків, відстань між якими не перевищує 30 км.

Найбільшу небезпеку представляють купчасто-дощові хмари. Їх поділяють на три типи: однокоміркові, багатокоміркові і суперкоміркові.

Однокоміркові хмари *Cb* розвиваються при слабкому вітрі біля поверхні землі в малоградієнтному баричному полі. Вони складаються з одного конвективного осередку з висхідним потоком у центральній частині. У процесі свого розвитку такий тип хмар проходить три стадії: купчастої хмари, зрілості і дисипації. Їхній діаметр рідко перевищує 5-10 км, а тривалість існування складає 30-45 хв. Найчастіше це зливові хмари.

Багатокоміркові (мультикоміркові) *Cb* хмари складаються одночасно з декількох осередків (комірок), при цьому кожен осередок у фіксований момент часу знаходиться на різних стадіях свого розвитку.

Рис. 2.1 демонструє схему розвитку багатокоміркової хмари, де в початковий момент часу t_0 хмара складається з чотирьох осередків (осередки пронумеровані). Сформувалася хмара, як однокоміркова, але з часом праворуч на відстані 20-30 км від неї виникають дочірні осередки. Причиною їх утворення є великомасштабна конвергенція в зоні улоговин і атмосферних фронтів (переважно на основному і вторинному холодному фронтах) [13].

Схема надає можливість прослідкувати за розвитком наймолодшої (четвертої) комірки в послідовні моменти часу: вертикальний переріз радіолуни в початковий момент часу (зліва) і профіль вітру.

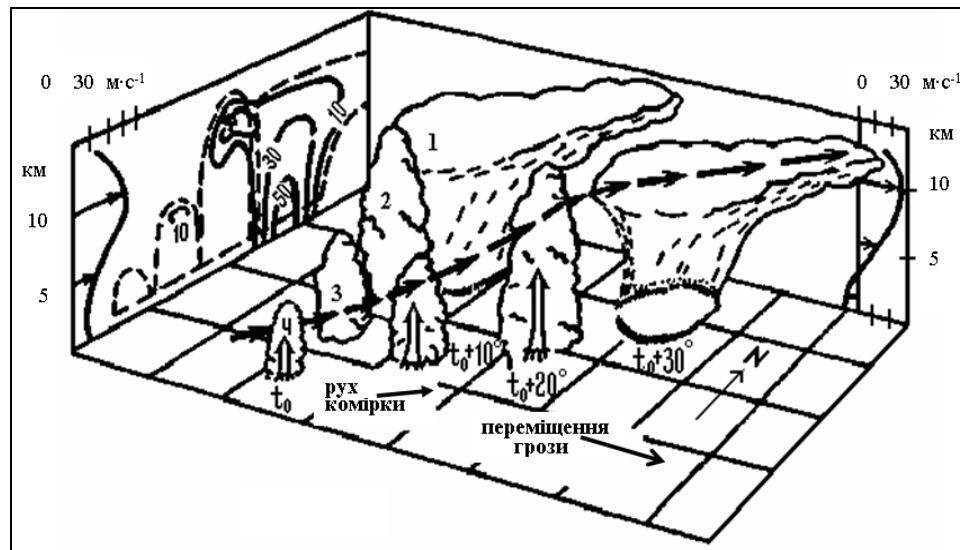


Рис. 2.1. Схематичне зображення багатокоміркової купчасто-дощової хмари

Загальна тривалість існування мультикоміркових *Cb* складає кілька годин, середня $\sim 1,5$ год. Чим більше розвинутий осередок по вертикалі, тим більше швидкість його горизонтального переносу. Первинні осередки

можуть наздоганяти дочірні і зливатися з ними, або також на початку свого розвитку зливатися в єдину багатокоміркову хмару *Cb*.

Багатокоміркові хмари *Cb* складають до 30% усіх градових осередків, з ними пов'язані також сильні зливи, грози і шквали.

Конвективні стихійні гідрометеорологічні явища (СГЯ) пов'язані з мезомасштабними хмарними системами, розвиток яких зумовлений великомасштабними синоптичними процесами. Найбільш інтенсивні зливи, що супроводжуються шквалами і градом розвиваються в суперкоміркових хмарах.

Багатокоміркові лінійні грози являють собою лінію грози із тривалим, добре розвинутим фронтом поривів вітру на передній лінії фронту. Лінія шквалів може бути суцільною або містити проломи. При наближенні багатокоміркова лінія виглядає як темна стіна хмар, що зазвичай покриває обрій із західної сторони (у північній півкулі). Велике число близько розташованих висхідних і низхідних потоків повітря дозволяє класифікувати даний комплекс грози як багатокомірчастий, хоча його грозова структура різко відрізняється від багатокоміркової кластерної грози. Лінії шквалів можуть обумовлювати великий град і інтенсивні зливи, але більше вони відомі, як системи, що створюють сильні низхідні потоки. Лінія шквалів близька за властивостями до холодного фронту, але є локальним результатом грозової діяльності. Часто лінія шквалів виникає перед холодним фронтом. На радарних знімках ця система нагадує вигнуту тятину (*bow echo*).

Суперкоміркові купчасто-дощові хмари є найбільш потужними, вони обумовлюють інтенсивні грози і катастрофічні градобіи (рис. 2.2).

Суперкомірка - найбільш високоорганізована грозова хмара. Суперкоміркова хмара схожа з однокомірковою тим, що обоє мають одну зону висхідного потоку. Різниця полягає в тому, що розмір комірки величезний: діаметр порядку 50 км, висота 10-15 км (нерідко верхня межа проникає в стратосферу) з єдиним напівкруглим ковадлом. Швидкість висхідного потоку в суперкомірковій хмарі значно вищий, ніж в інших типах грозових хмар - до $40-60 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Основною особливістю, що відрізняє суперкоміркову хмару від хмар інших типів є наявність обертання. Обертаний висхідний потік у суперкомірковій хмарі (у радарній термінології - мезоциклон) створює екстремальні за силою погодні явища, такі, як гігантський град ($>5 \text{ см}$ у діаметрі), шквальний вітер до $40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і сильні руйнівні смерчі (рис. 2.3).

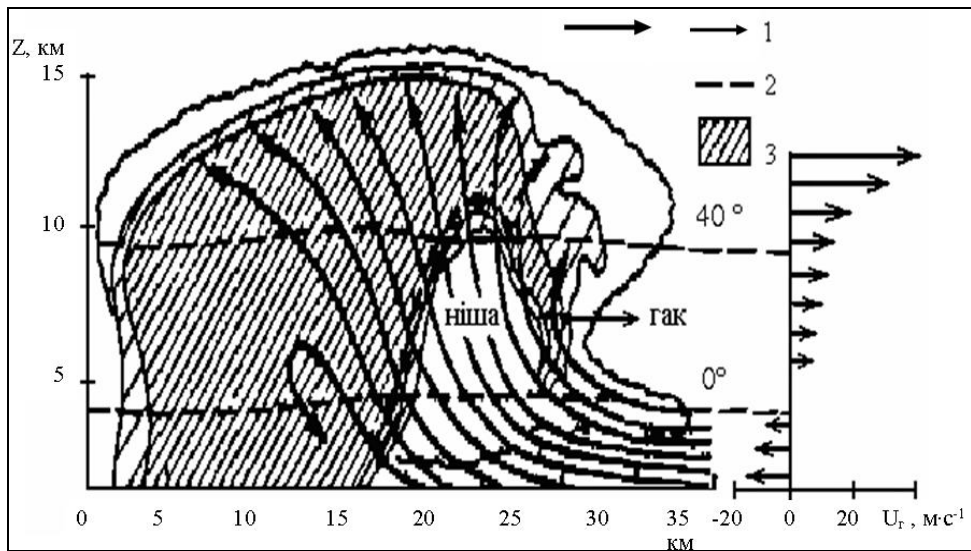


Рис. 2.2. Вертикальний розріз суперкоміркової хмари в напрямі переміщення *Cb*: 1 - лінія току; 2 - траєкторія градин; 3 - область найбільшої інтенсивності радіолуни

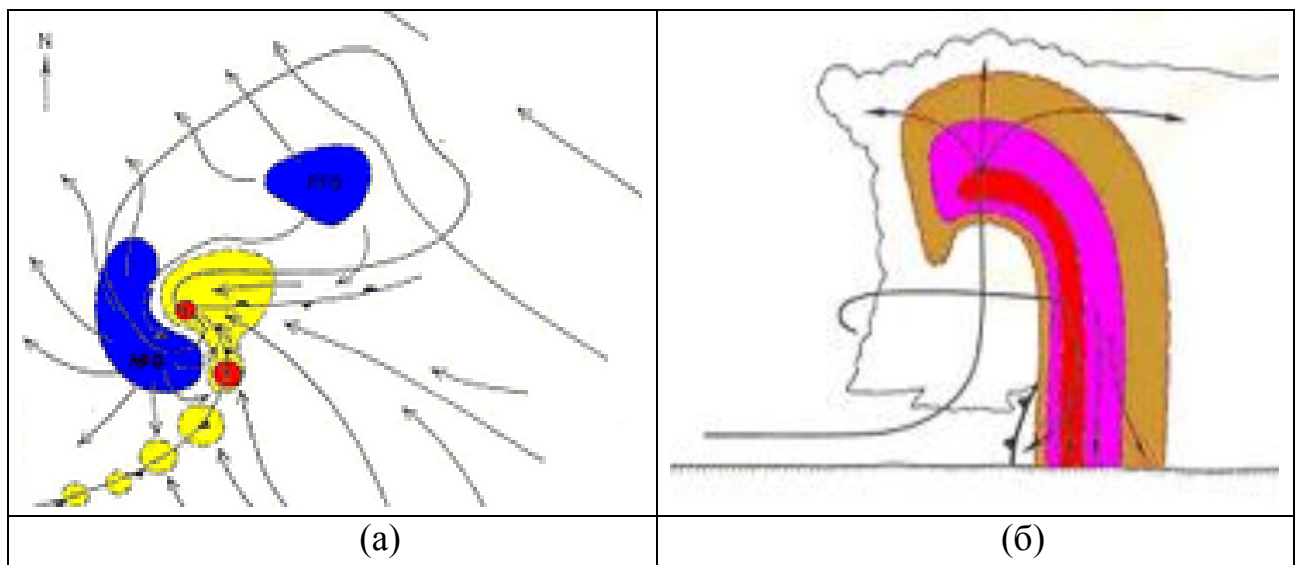


Рис. 2.3. Вертикальна (а) і горизонтальна (б) структура суперкоміркової хмари

Навколишні умови є основним чинником в формуванні суперкоміркової хмари. Необхідна дуже сильна конвективна нестійкість повітря, температура повітря біля поверхні землі (до грози) повинна бути $\geq 27...30$ °С, вітер змінного напрямку, що викликає обертання. Однак, головною умовою для утворення суперкомірки, є зсув вітру в середній тропосфері. Оподи, що виникають у висхідному потоці, переносяться по

верхньому рівню хмари сильною течією у зону низхідного потоку. Таким чином, зони висхідного і низхідного потоків виявляються розділеними в просторі, що забезпечує існування хмари протягом тривалого періоду часу. Найбільш небезпечні умови спостерігаються неподалік від зони основного висхідного потоку (звичайно зміщені до тилової частини грози).

Суперкомірки розвиваються на холодних фронтах і фронтах оклюзії за типом холодного фронту при сильній статистичній нестійкості і великих зсувах вітру при слабкому його обертанні. Низхідний потік у зоні інтенсивних опадів, швидкості в якому можуть перевищувати $20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, обумовлює розвиток різкого мезофронту.

Суперкоміркові хмари *Cb* зустрічаються відносно рідко і складають до 10% усіх градових осередків, що спостерігаються, однак з ними пов'язані найбільш небезпечні явища, у тому числі катастрофічні зливи і градобої. Це найбільш довго-живучі конвективні системи, тривалістю існування до 4 год.

Літакові і радарні дослідження показують, що одинична грозова комірка звичайно розвивається до висоти 8-10 км і існує ~ 30 хвилин. Ізольована гроза звичайно складається з декількох комірок, що знаходяться в різних стадіях розвитку, і триває порядку години. Великі грози можуть сягати в діаметрі десятків кілометрів, їхня вершина може поширюватися до висоти понад 18 км, і тривати багато годин [1, 13].

У випадках розмитих баричних полів біля поверхні землі особливо важлива радіолокаційна інформація. Достовірність інформації МРЛ про грози достатньо висока: у середньому вище ніж 88% і має тенденцію зростання від весняного до осіннього сезону. Одним із основних параметрів радіолокаційних характеристик гроз є максимальна висота радіолуни. Це верхня межа крупнокрапельної частини хмари, яка не збігається з межею, що визначається іншими методами; просторовий розподіл верхньої межі залежить від інтенсивності конвекції. У разі сильно розвиненої конвекції поява *Cb* хмар з градом, смерчами, шквалами і стихійними опадами супроводжується збільшенням значень максимальних висот радіолуни. Критерій грозонебезпеки, який використовують в оперативній практиці, визначає факт існування грози в інформаційній комірці 30×30 км за максимальною висотою радіолуни H_{max} і радіолокаційною відбиваністю lgZ_3 у шарі на $2 \div 2,5$ км, який перевищує рівень нульової ізотерми. Існує критичне значення: $H_{max} \geq 13$ км, яке може служити одним з параметрів розпізнавання зон активної конвекції (ЗАК) [4-6].

3 УМОВИ ПОЛЬОТІВ В ЗОНІ ГРОЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Купчасто-дощові хмари представляють велику загрозу для авіації завдяки ймовірності:

- сильної турбулентності;
- сильного обмерзання;
- грозових розрядів;
- високої водності (наприклад вмістом дощової води);
- граду і т.д.

Повітряне судно повинне уникати польотів в районах розвитку купчасто-дощової хмарності, особливо, якщо вона може бути замаскована різними хмарними шарами [1-3, 15].

Польоти в зоні грозової діяльності дуже небезпечні. Якщо заряд потрапляє в міцну металеву конструкцію, літак залишиться структурно міцним; і пасажирів та екіпаж не будуть безпосередньо вражені струмом і напругою розряду завдяки ефекту клітини Фарадея. Але вхід і вихід розряду буде явно видний, як опік на фюзеляжі літака. Це результат температури 3000-32000 ° К усередині каналу блискавки. Якщо ж розряд потрапляє поруч або ж проходить через такі деталі, як антени, тоді ці деталі можуть бути зруйновані. Попадання блискавки в сучасні композитні матеріали будуть викликати розшарування матеріалу. Якщо розряди потрапляють в структурно важливі зони літака, їх цілісність може піддаватися ризику. Після удару блискавки можуть вийти з ладу електрична/електронна системи з відключенням ланцюга живлення; магнітні компаси стають ненадійними, радіокомунікаційному і навігаційному обладнанню може бути завдано шкоди. Автоматичний радіокомпас (ADF) буде вказувати на центр бурі.

В грозових хмарах спостерігаються потужні висхідні і низхідні потоки і інтенсивне обмерзання, розряди блискавки, град, сильні зливи, погана видимість. Під час грози необхідно ретельно вивчати метеоситуацію як перед польотом, так і в період проведення польотів, організувати повітряну розвідку погоди, використовувати наземні і літакові радіолокаційні установки для виявлення осередків грози і своєчасного їх обходу.

Перед вильотом для уточнення місця розташування грозових (зливових) осередків слід ознайомитися з останніми даними штормового кільця аеродрому вильоту і даними радіолокаційних спостережень.

При прийнятті рішення на виліт з перетином зони грозової діяльності і сильних злив опадів командир повітряного судна (ПС) зобов'язаний враховувати характер гроз (внутрішньомасові, фронтальні), розташування і переміщення грозових і зливових осередків.

При вильоті, посадці і наявності в районі аеродрому потужної купчастої і купчасто-дощової хмарності екіпаж повинен оглянути за допомогою бортової радіолокаційної станції (РЛС) зону району аеродрому, оцінити можливість зльоту, посадки і визначити порядок обходу потужної купчастої, купчасто-дощової хмарності та зон сильних дощових опадів.

При виявленні в польоті потужних купчастих та купчасто-дощових хмар бортовими РЛС дозволяється обходити ці хмари на відстані не менше 15 км від ближньої границі засвітки. Перетин фронтальної хмарності з окремими грозовими осередками може проводитися в тому місці, де відстань між межами засвіток на екрані бортового РЛС не менше 50 км.

Політ над верхньою межею потужних купчастих і купчасто-дощових хмар дозволяється виконувати з перевищенням над ними не менше 500 м. Екіпажам ПС навмисно входити в потужні купчасті, купчасто-дощові хмари і зони дощових хмар забороняється [1-3, 15].

4 ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПРОГНОЗУ ГРОЗИ

Імовірність гроз залежить, головним чином, від стратифікації і вологовмісту теплої повітряної маси. Найбільш повне рішення задачі прогнозу гроз можна отримати за даними вертикального зондування атмосфери з використанням аерологічних діаграм.

4.1 Метод Лебедевої

В основі методу лежить припущення, що повітря, яке піднімається, не взаємодіє з навколишньою атмосферою і зміна його температури здійснюється суто за адіабатичним законом, а низхідні компенсційні рухи відбуваються на значному віддаленні і не впливають на температуру висхідного повітря. Цей метод містить побудову моделі конвекції на період її максимального розвитку за даними ранкового зондування для прогнозу внутрішньомасових гроз [8, 13-14].

Вихідними даними є: результати радіозондування, приземні карти погоди і баричної топографії за 03 й 15 годин поточного дня і карти діагностичних вертикальних рухів. На їх підставі будують прогностичні криві розподілу температури точки роси по висоті з урахуванням вертикальних рухів на поверхнях 850, 700 і 500 гПа, потім враховують денний прогрів. В якості приземної точки роси T_d при однорідному полі вологості використовується її адвективне значення до 15-18 годин. Після цього встановлюють тип конвекції, який, як очікується, розвинеться при прогнозованій стратифікації.

Залежно від причин, які призводять до виникнення нестійкості повітря, що обумовлює розвиток конвекції, її підрозділяють на термічну, вільну і вимушену.

Якщо в результаті денного прогріву в пограничному шарі тропосфери встановлюється сухоадіабатичний (в приземному понадсухоадіабатичний) градієнт температури, то при сприятливій стратифікації у верхніх шарах від поверхні землі розвивається термічна конвекція. Імпульсом для її виникнення може служити як перегрів окремих порцій повітря, так і динамічна турбулентність. Спостерігається термічна конвекція влітку, в денні години.

За умови різкого зменшення з висотою адвекції тепла або зростанні адвекції холоду вище пограничного шару виникає сухо- або понадсухоадіабатичний градієнт температури, то будь-який імпульс наприклад, динамічна турбулентність, призведе до розвитку вільної конвекції. Спостерігається вільна конвекція, головним чином, в теплих секторах циклонів в будь-який час доби навесні і восени, при незначному прогріві підстильної поверхні.

Якщо упорядкований (вимушений) підйом призводить до насичення значного шару повітря при збереженні градієнта температури більше вологоадіабатичного або збільшення його до $\gamma \geq \gamma_{ва}$, то розвивається вологоадіабатична конвекція. Імпульсом для її виникнення може служити упорядкований підйом, неоднорідність полів тепла і вологи, і динамічна турбулентність. Зазвичай вимушена конвекція виникає в районах інтенсивного висхідного руху повітря: на фронтах, в циклонах, на навітряних схилах гір та орографічних підвищень незалежно від часу доби і року.

При прогнозі злив та гроз за методикою Н.В. Лебедевої параметри конвекції розраховують в такій послідовності:

1. Сумарний дефіцит точки роси на основних ізобаричних поверхнях 850, 700, 500 гПа - $\sum_{850}^{500} (T - T_d)$. Цей параметр враховує зміни стану хмари

під впливом затягування повітря з навколишнього простору. Якщо $\sum_{850}^{500} (T - T_d) > 25$ °С, то подальші розрахунки не проводять, оскільки при великій сухості повітря конвекція не призводить до формування потужної хмарності, а отже - до виникнення злив і гроз.

2. Дефіцит точки роси біля поверхні землі $(T_{max} - T_d)_z$ для очікуваних T_{max} і T_d . T_d звичайно визначається о 8...10 год. Параметр $(T_{max} - T_d)_z$ дозволяє визначити рівень конденсації. Якщо $(T_{max} - T_d) > 20$ °С, то рівень конденсації лежить вище 2,5 км і конвективні опади не будуть досягати поверхні землі. У цьому випадку подальші розрахунки недоцільні. Якщо $(T_{max} - T_d)_z \leq 16$ °С, то рівень конденсації лежить нижче 2 км і умови сприятливі для випадіння конвективних опадів.

При вільній конвекції значення $(T_{max} - T_d)$ знаходять за даними на висоті h - нижній межі шару, що має сухонестійку (сухобайдужу) стратифікацію. Значення $(T_{max} - T_d)_h$ не повинне перевищувати 4...6 °С, тобто рівень конденсації лежить у шарі із сухоадіабатичним градієнтом температури.

3. Товщина конвективно-нестійкого шару ($\Delta H_{\text{кнш}}$, гПа), тобто шару, кожна частка якого бере участь у конвекції. Чим більше $\Delta H_{\text{кнш}}$, тим імовірніше утворення конвективних хмар, більше їх водність, кількість і інтенсивність зливових опадів і більша імовірність виникнення грози.

4. Середній рівень конденсації ($\bar{H}_{\text{конд}}$, км) вказує середнє положення нижньої межі конвективної хмарності при термічній і вільній конвекції. При вимушеній конвекції нижня межа вологонестійкого шару буде відповідати і нижній межі конвективної хмарності ($H_{\text{нмкх}}$, км). При упорядкованому підйомі рівень конденсації визначає положення нижньої межі шаруватоподібної хмарності Ns-As ($H_{\text{нмшх}}$, км).

5. Середній рівень конвекції ($\bar{H}_{\text{конд}}$, км) дає середнє положення вершин конвективних хмар при термічній і вільній конвекції. Середній рівень конвекції визначають проведенням кривої стану від рівня конденсації до перетину з кривою стратифікації.

При вимушеній конвекції визначають максимальний рівень конвекції ($H_{\text{конв}}$, км) - максимальну висоту вершин конвективних хмар. Знаходять також і верхню межу шаруватоподібних хмар Ns-As-Cs ($H_{\text{вмшх}}$, км), як рівень вище якого конденсація при упорядкованому підйомі не відбувається.

6. Температуру повітряної маси, де відбувається конвекція ($T_{\text{конв}}$). Чим нижча температура повітря на середньому рівні, а при вимушеній конвекції на максимальному рівні, тим імовірніші зливи і грози.

7. Середню величину відхилення $\overline{\Delta T} = \overline{(T' - T)}$ кривої стану (T') від кривої стратифікації (T). Чим більша $\overline{\Delta T}$, тим більша нестійкість повітря, тим інтенсивніша конвекція, тобто більша середня швидкість конвективного потоку (\bar{w}_k , м с⁻¹).

8. Середня і максимальна потужності конвективних хмар ($\Delta \bar{H}_{\text{кх}}$, км; $\Delta H_{\text{кх max}}$, км) при термічній і вільній конвекції. При вимушеній конвекції оцінюється максимальна потужність конвективних хмар ($\Delta H_{\text{кх max}}$, км) та одночасно визначається потужність шаруватоподібних хмар Ns-As-Cs ($\Delta H_{\text{шх}}$, км). Чим більша потужність хмар, тим більша імовірність виникнення гроз, зливових та облогових опадів.

Висновки про те, сприятливі чи несприятливі умови для виникнення гроз і злив можна зробити, порівнявши розрахункові параметри конвекції з їх граничними значеннями [8, 13-14].

4.2 Метод Уайтінга

Метод Уайтінга - це фізико-статистичний метод прогнозу гроз, у якому в якості предикторів використовується індекс грозової активності:

$$K = 2T_{850} - T_{500} - D_{850} - D_{700}, \quad (4.1)$$

де T – температура на рівні 850 і 500 гПа,

D – дефіцит точки роси на рівні 850 і 700 гПа.

Індекс додатково враховує втягування зовнішнього повітря внутрішнім. Чим більше значення K , тим імовірніше виникнення грози. Якщо в результаті розрахунку виявиться, що $K < 20$, то гроза не очікується; при $20 < K < 25$ – ізольовані грози; $25 < K < 30$ – окремі грози; при $K > 30$ – грози повсюдно (ізольовані грози – це такі, коли грозу вказує одна із десяти станцій спостережень, а окремі грози – це такі, коли грозу дає одна із чотирьох станцій).

Метод Уайтінга надає задовільні результати при прогнозі гроз не для пункту, а за площею, яка визначається картою ізолій коефіцієнта K . Для цього спочатку розраховують і наносять на карту значення K , а потім проводяться ізолії через 5 одиниць, починаючи з 20. Осередок з максимальним значенням цього коефіцієнта переноситься за потоком на 12 год. і в районі, де він виявиться, слід прогнозувати грози. Іноді в розраховані значення K вводиться поправка на кривизну ізобар.

Вихідними даними для прогнозу є результати ранкового зондування атмосфери отримані безпосередньо з аерологічних зведень, або зняті з карт абсолютної топографії

При прогнозі цим методом рекомендується враховувати дивергенцію потоків. Якщо на картах AT_{850} і AT_{700} над досліджуваним районом відзначається збіжність ізогіпс, то це збільшує імовірність грози на одну ступінь. Якщо спостерігається розбіжність потоків при швидкості вітру більше $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на AT_{850} і AT_{700} , а також над цим районом відзначається розбіжність ізогіпс на AT_{300} чи AT_{200} , то це збільшує імовірність грози на два ступені. Якщо при розбіжності потоків вітер на поверхні 850 і 700 гПа не перевищує $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, то значення K зменшується на одну градацію, а при вітрі більше $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ – на дві градації [8, 13-14].

4.3 Метод прогнозу гроз Решетова

Прогноз гроз за методом Г.Д. Решетова проводиться за трьома параметрами, які визначаються за допомогою аерологічної діаграми: висота вершини купчасто-дощової хмарності ($H_{\text{ВМХ}}$), значення температури повітря на цій висоті ($T_{\text{ВМХ}}$) і вертикальна потужність хмари ($\Delta H_{\text{ВМХ}}$) в шарі від'ємних температур (від висоти нульової ізотерми в частинці, що піднімається, до рівня $H_{\text{ВМХ}}$) [8, 14].

При наявності сприятливих для формування гроз синоптичних умов, до яких віднесено наявність фронтальних розділів (особливо холодних фронтів), зони поблизу вершини хвилі, центральної частини молодого або розвинутого циклону, навколо точки оклюзії, улоговини в теплому секторі циклону, а також малоградієнтного поля тиску на приземній карті і улоговини (осередку) холоду на висотах, можливість виникнення гроз визначається за графіком (рис. 4.1).

Графік побудовано за результатами дискримінантного аналізу, демаркаційна лінія на ньому є графіком дискримінантної функції

$$L_1 = -0,042T_{\text{ВМХ}} + 0,10\Delta H_{\text{ВМХ}} - 0,562. \quad (4.2)$$

Зона «грози» відповідає значенням $L_1 \geq 0$, «без грози» – $L_1 < 0$.

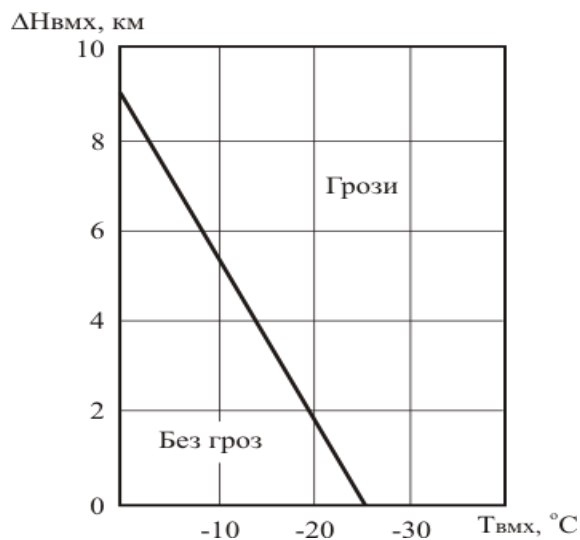


Рис. 4.1. Графік для прогнозу гроз за методом Г.Д. Решетова.

Комплексний графік Г.Д. Решетова дозволяє одночасно прогнозувати грозу і град (рис. 4.2).

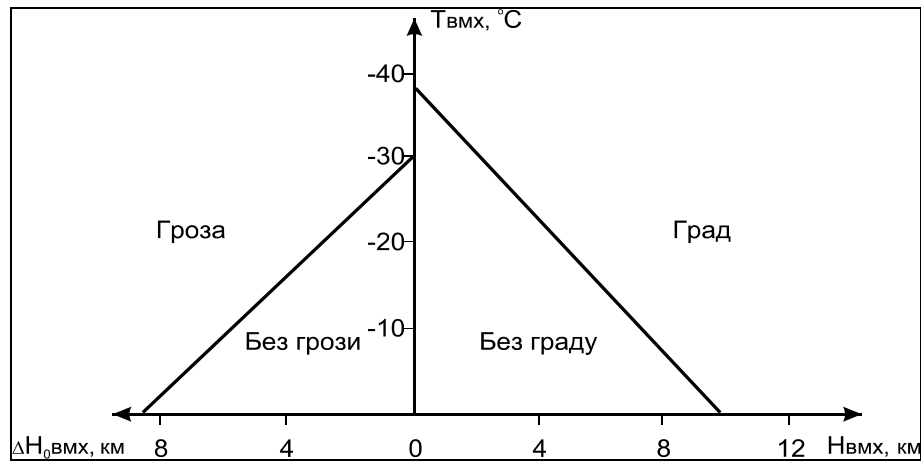


Рис. 4.2. Номограма для прогнозу гроз і граду за методом Г.Д. Решетова.

4.4 Прогноз нічних гроз за методом Ягудіна

Автором даного методу були досліджені умови розвитку нічних гроз. Практика показала, що цей метод може використовуватися в рівнинних районах [8, 14]. Для того, щоб визначити найбільш інформативні предиктори, розраховано допустимий об'єм інформації про грози, що міститься в різних термогігрометричних характеристиках стану атмосфери в денні години; для обліку найбільш нормативних предикторів побудовані діаграми (рис.4.3).

Вихідні дані – приземна карта, дані радіозондування.

Основні розрахункові параметри включають:

- оцінка синоптичної ситуації і сприятливих умов для формування грозових осередків;
- побудова кривих стратифікації, депеграми;
- побудова кривої стану до рівня 500 гПа ;
- визначення масової частки водяної пари $q \%$ на рівнях 850, 700, 500 гПа;
- визначення параметрів $(T_{850} - T_{700})$; $(T_0 - T)_{700}$; $\sum_{850}^{500} (T - T_d)$; $\sum_{850}^{700} q$; $(T - T_d)_{700}$;
 $(T_0 - T)_{500}$;
- встановлення ймовірності грози за діаграмами.

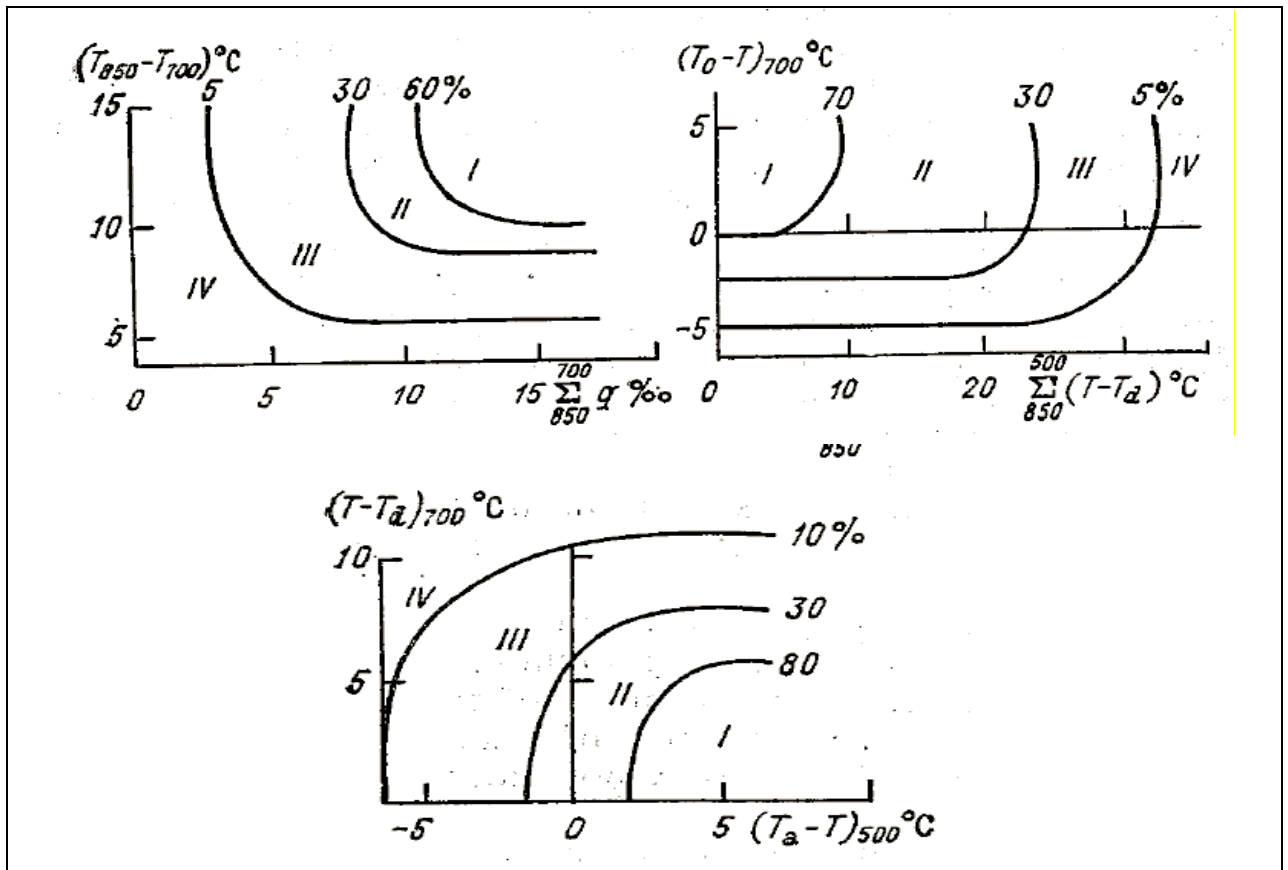


Рис. 4.3. Діаграми ймовірності нічних гроз за методом Р.А. Ягудіна

Прогноз з формулюванням «гроза» дається в тому випадку, якщо на всіх трьох діаграмах розрахункова точка потрапляє в зони I або II. В інших випадках гроза не передбачається [8, 14].

5 ОСОБЛИВОСТІ ГРОЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НАД ХАРКОВОМ В 2011-2017 РР

Вихідними даними для дослідження характеристик грозової діяльності виступили дані бюлетенів погоди ст. 34300 Харків (аеропорт) за період 2011-2017 р. (додаток Б, табл.Б.1), дані МШСЗ, карти МРЛ, оперативна синоптична інформація [16-20].

5.1 Статистичні характеристики

За період дослідження виділено 307 періодів з грозою, в тому числі рахувалися випадки повторення грози кілька раз (2-3) за одну добу з переривами за строками спостереження. Розглядаючи річну повторюваність за 2011-2017 рр. в холодний період грози у Харкові не спостерігались.

Найбільша повторюваність гроз зафіксована у 2016 р. – 19% (58 випадків). Висока частота грозоутворення припадає на 2013, 2014 та 2012 рр. – відповідно 18%, 17 % і 16%.

Мінімум гроз відзначалося 2017 року – лише 6%. (табл.5.1, рис. 5.1.).

Середньокліматичні показники за даними Кліматичного кадастру України (1961 – 1990 рр.) виділяють середнє число днів з грозою за рік у Харкові – 30, а максимальне - 44. Таким чином, за період останніх 7-ми років за виключенням 2017 р. середні показники перевищені, зокрема у 2016р. майже вдвічі. У 2012, 2013, 2014, 2016 рр. перевищене і середньокліматичне максимальне число днів з грозою за рік.

Середньомісячні показники відповідно Кадастру вказують на переважання грози у червні і липні (≈ 8 днів), зниження до 5 у травні та серпні.

Детальний аналіз місячної повторюваності грози за період дослідження 2011-2017 рр. виділяє у відповідності до середніх показників червень у більшості років. Проте в окремі роки переважає грозоутворення нетипово у травні – 2013, 2014, 2016 рр. В деяких роках виділяється суттєве збільшення гроз у серпні – 18 випадків у 2012 р. і 17 у 2016 р. (рис. 5.2).

Таблиця 5.1. – Загальна повторюваність грози на ст. 34300 Харків за період 2011-2017рр. (кількість випадків)

Рік	Місяць							Всього
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
2011	1	6	14	12	7	2	0	42
2012	3	8	9	10	18	0	2	50
2013	2	18	16	11	4	3	0	54
2014	3	17	15	8	8	0	0	51
2015	2	6	11	12	1	1	0	33
2016	2	18	10	7	17	0	4	58
2017	0	1	5	8	3	2	0	19
Всього	13	74	80	68	58	8	6	307

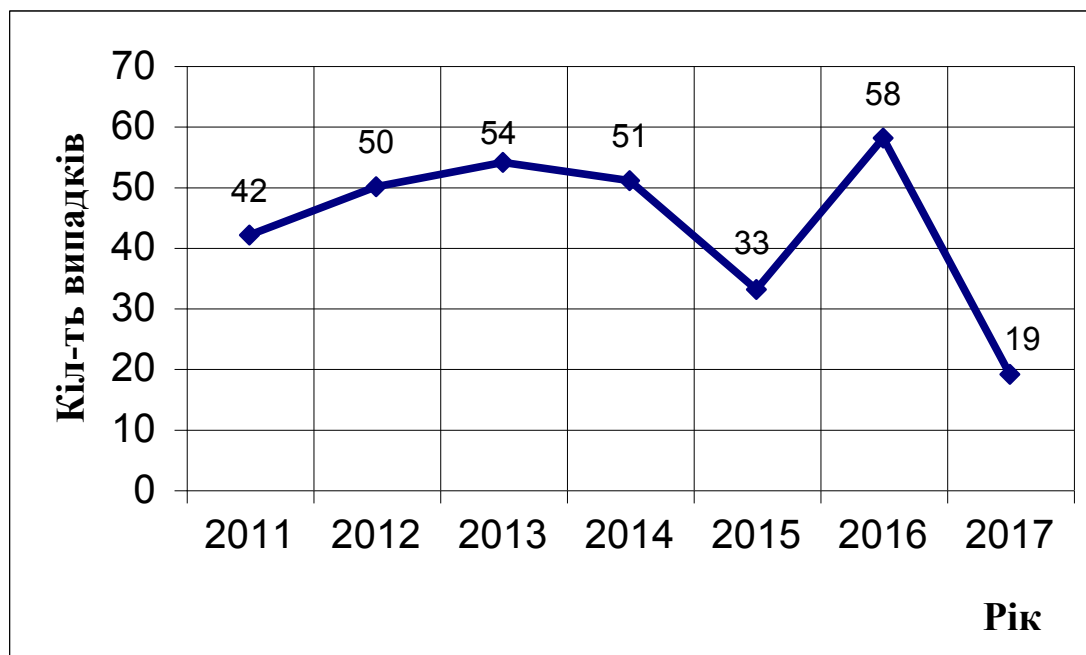


Рис.5.1. Річна повторюваність грози на ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (кількість випадків)

Загалом за останні 7 років гроза в Харкові домінувала у червні 26% (80 випадків). Висока повторюваність гроз реєструвалася у травні – 24% (74

випадки) і липні – 22% (68). Досить часто грози спостерігалися у серпні – 19% (58 випадків).

Відповідно до мінімальних показників грозоутворення, виділяється жовтень (2%) і вересень (3%), в ці місяці повторюваність була дуже мала, а в деяких роках нульова. Наприклад, жовтневі грози спостерігались тільки в 2012 та 2016 рр., а вересневі грози були відсутні в 2012, 2014 та 2016 роках. Низька частота квітневих гроз – лише 4% (13 випадків), в квітні гроза не спостерігалася лише у 2017 році.

Поте за роками числа гроз нерівномірний, наприклад, 2016 року жовтневі грози фіксувалися 4 рази, а у вересні грози не було. Така ж ситуація з максимальними показниками – загалом найбільша кількість гроз склала 18 епізодів (травень 2013 і 2016 рр.), серпень 2012 р.

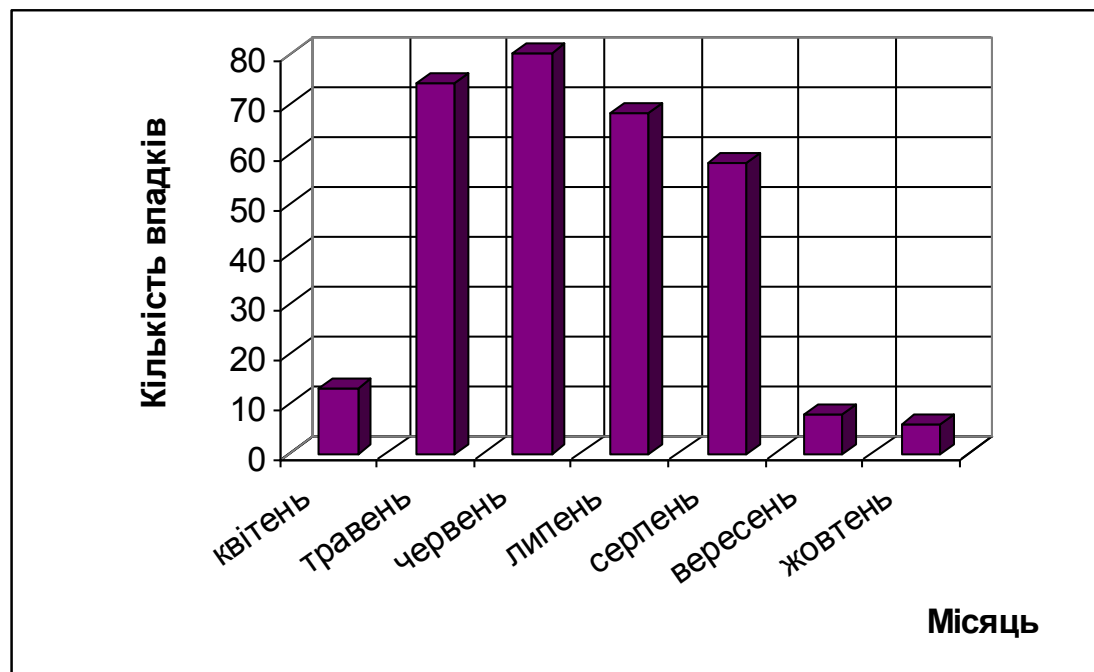


Рис. 5.2. Загальна місячна повторюваність грози на ст. 34300 Харків за період 2011-2017рр. (кількість випадків)

Розглянемо особливості повторюваності грози детально по роках. При аналіз виділено періоди грозової діяльності без опадів(сухі грози) і з опадами (додаток Б, табл. Б.1).

У 2011 р. гроза спостерігалась загалом 42 рази, максимальна повторюваність належить літу - 33, з перевагою у червені - 14 випадків. Мінімум за цей рік відзначався у квітні - 1 випадок, а в жовтні гроза взагалі не реєструвалася. Спостерігалися сухі грози (без опадів) – 7 випадків, 83%

гроз з опадами. Серед грозових днів з опадами виділяється 4 липня у строки 14:00-20:00 – 42 мм/12 год. (злива).

2012 року максимум повторюваності зміщується на серпень - 18 випадків, мінімум зареєстрований в жовтні - двічі, у вересні не було жодного випадку з грозою. Нетипово низька повторюваність грози у червні – 9 випадків. В цьому році також відмічалися сухі грози - 10 епізодів, 80% випадків грози з опадами. Максимальні опади при грозах були зафіксовані 6 травня і 30 жовтня – 17 мм/12 год.

В 2013 році було визначено 54 випадки з грозою. Максимум зафіксований в травні (18), що є відхиленням від кліматичної норми, мінімум в квітні - 2 випадки. В жовтні гроза не спостерігалася. Дуже низька повторюваність грози виділяється у серпні – 4 епізоди. Було зареєстровано 12 випадків з сухою грозою, 78% належить грозам з опадами. Відмічено максимальну суму опадів 02.07.2013 р. у період 14:00-20:00 - 29 мм/6 год.

В 2014 році було виявлено 51 випадок з грозами. За аналогією з попереднім роком максимальні значення спостерігалися в травні - 17 випадків. Рівнозначні показники у липні-серпні – по 8 епізодів. У вересні та жовтні грози не відмічено. Суха гроза відзначена у 12 випадках, 76% випадків грози з опадами. В цьому році найбільше опадів при грозах спостерігалися 2 червня за період 02:00-08:00 - 24 мм/12 год.

Наступного року було визначено зниження грозової діяльності до 33 випадки, з максимумом у липні і червні (12 і 11 відповідно). У серпні та вересні грози відмічалися одноразово. В жовтні грози не було. Сухі грози спостерігалися 6 раз, 82% випадків з грозою з опадами. Найбільша кількість опадів була зафіксована 28.07.2015 р.– 30 мм/12 год. (злива).

У 2016 році максимум спостерігався у травні - 18 випадків, а мінімум в квітні - двічі, у вересні гроза не відмічалася. Відмічалось 9 епізодів з сухими грозами, загалом - 85% гроз з опадами. Максимальна сума опадів при грозі 29.05.2016 р. – 42 мм/12 год. (злива).

2017 рік мав найменшу повторюваність гроз - всього 19 випадків. Максимум припав на липень – 8 епізодів, мінімум - у вересні і травні – 2 та 1 випадки відповідно. В квітні та жовтні гроза не зафіксована. Суха гроза реєструвалася у 6 випадках, 68% при падає на грозоутворення з опадами, при цьому опади слабкі - до 7 мм.

Таким чином, за період 2011-2017 р. відмічалось 62 випадки з сухими грозами – це 20% від загальної кількості.

Проведемо поетапний аналіз повторюваності грози у Харкові. та за часовим критерієм – нічні та денні грози (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. – Повторюваність гроз в денні та нічні години на ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр, (кількість випадків).

Рік	Вид грози	
	денні	нічні
2011	31	11
2012	33	17
2013	34	20
2014	27	24
2015	19	14
2016	30	28
2017	9	10
Всього	183	124

В шести роках досліджуваного періоду (за виключенням 2017 р.) домінують денні грози, загальний показник - 60%. В окремі роки - денні грози були вдвічі-тричі частіші (2011, 2012 рр.). В інші роки частка денних і нічних гроз близька. І тільки в 2017 р. нічні грози переважали на 1 випадок.

На наступному етапі дослідження проведемо порівняльний аналіз сезонного розподілу повторюваності грози (табл. 5.3, рис. 5.3).

Таблиця 5.3 – Сезонна повторюваність грози на ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (кількість випадків)

Сезон	Рік							Всього
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
весна	7	11	20	20	8	20	1	87
літо	33	37	31	31	24	34	16	206
осінь	2	2	3	0	1	4	2	14
Всього	42	50	54	51	33	58	19	307

За період дослідження найбільшу повторюваність гроз зафіксовано в літній період – 67%, що відповідає кліматичній нормі. Весною грози спостерігалися у 28% випадків. Мінімальна кількість грози припала на осінь – лише 5%. Домінування літніх гроз відзначається у всіх роках.

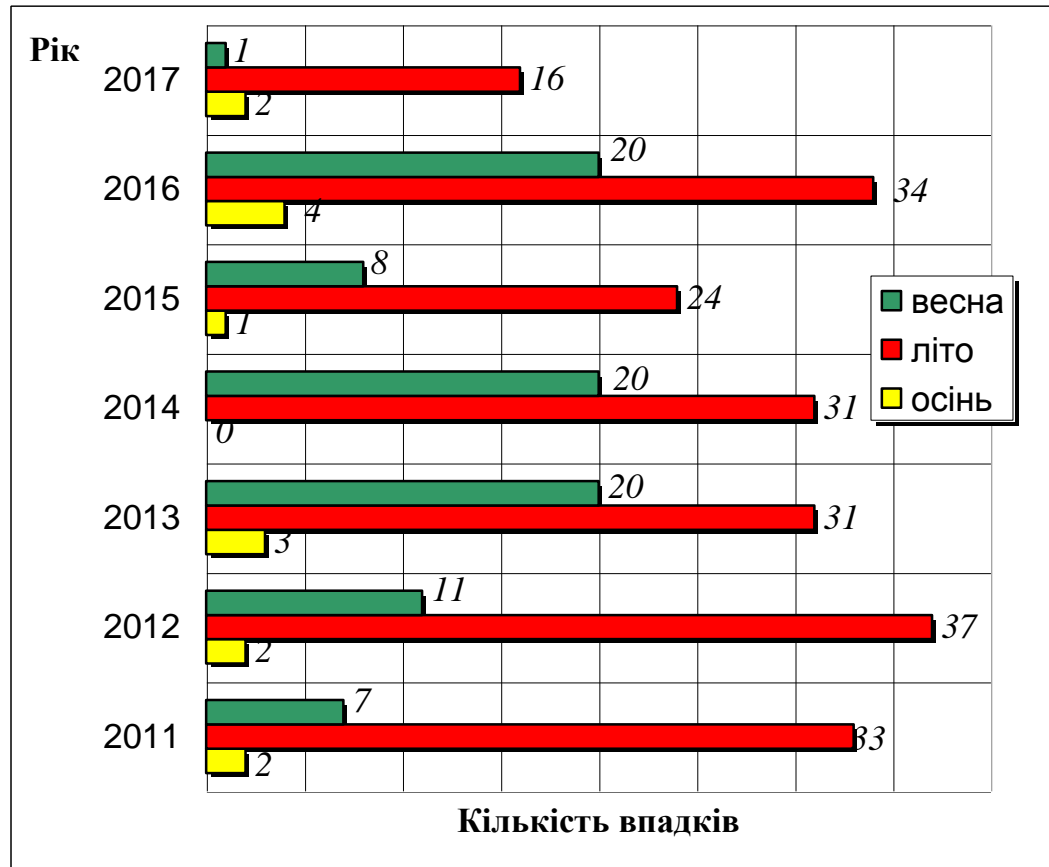


Рис. 5.3. Сезонна повторюваність грози на ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (кількість випадків)

Сезонний розподіл повторюваності грози по роках має деякі відмінності, так у 2013, 2014 і 2016 рр. весняні грози склали значну частку – 27%, 39% і 35% відповідно (по 20 випадків).

Зазначимо, що осінні грози не відмічались у 2014 р., а 2015 р. – лише один випадок, на противагу у 2016 р. відмічено найвищу повторюваність грози восени – 4 випадки (7%).

Максимум літніх гроз припадає на 2014 р. – 74%.

За період дослідження у Харкові найбільш рання гроза зареєстрована 06.04.2013 р. і 09.04.2014 р., найбільш пізня – 30.10.2012 р.

5.2 Циркуляційні умови формування грози над Харковом

Наступним етапом роботи став розподіл випадків грози за типом синоптичних умов формування (табл. 5.4-5.5, рис.5.4-5.6).

За синоптичною класифікацією, грози поділяються на фронтальні та внутрішньомасові.

Результати дослідження вказують, що найбільша повторюваність належить фронтальним грозам. Загалом, фронтальних – 188 випадків (61%), а внутрішньомасових – 119 (39%). При цьому чітко виділяється домінування утворення грози у системах холодних фронтів – всього 46% випадків фронтальних гроз. Найрідше фронтальні грози були пов'язані з вторинними холодними фронтами – 5%. Висока частка утворення грози на теплих фронтах – 28% фронтальних гроз.

Таблиця 5.4 – Повторюваність грози за типами на ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (кількість випадків)

Рік	Тип грози					Всього
	Внутрішньомасові грози (ВМ)	Фронтальні грози				
		ХФ	Втор. ХФ	ТФ	ФО	
2011	15	17	2	4	4	42
2012	12	15	2	11	10	50
2013	25	15	1	7	6	54
2014	30	8	2	4	7	51
2015	7	16	0	7	3	33
2016	24	9	2	15	8	58
2017	6	7	0	5	1	19
Всього	119	87	9	53	39	307

Найбільша повторюваність внутрішньомасових гроз зафіксована в 2014 р. - 30 випадків (25% загального числа внутрішньомасових гроз). Висока повторюваність такого типу грози у 2013 і 2016 рр. – 21% і 20%

відповідно. Найрідше внутрішньомасові грози відмічалися у 2017 та 2015 рр. – 5% і 6% відповідно.

Фронтальні грози найчастіше спостерігалися в 2012р. – 20% загальної кількості фронтальних гроз (38 випадків); найрідше виникали фронтальні грози у 2017 р. – 7% (13 випадків).

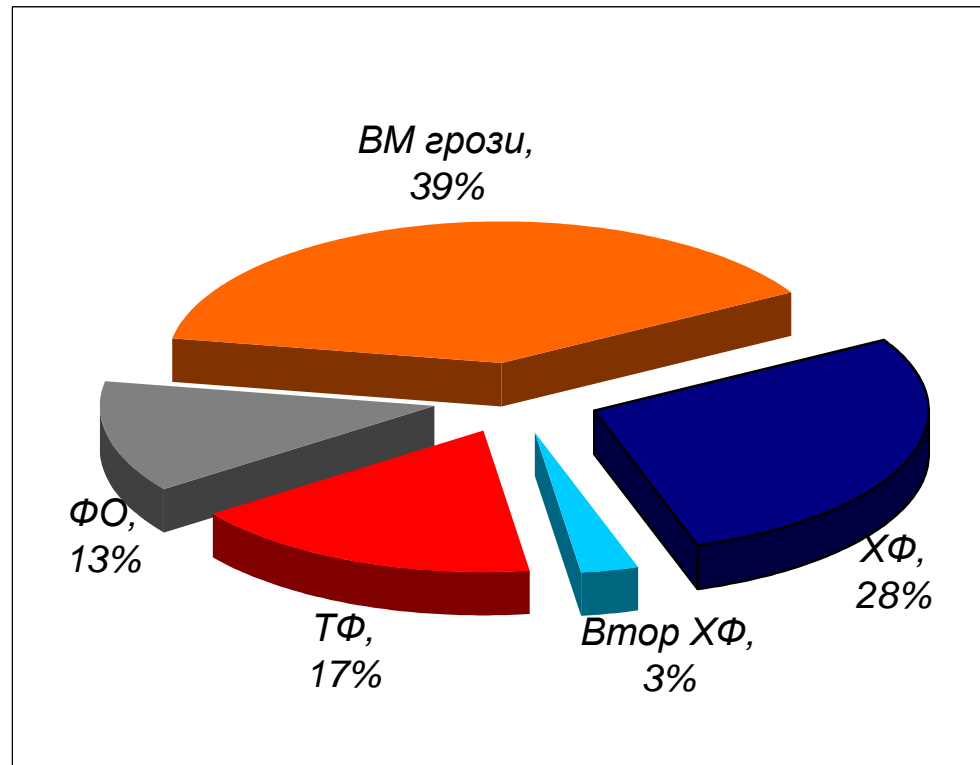


Рис. 5.4. Повторюваність грози за типами на ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (%)

В системах холодних фронтів найвищу повторюваність процеси грозоутворення мали у 2011 р. – 17 випадків, 2015 р. – 16, висока рівнозначна повторюваність також у 2012 і 2013 рр. – по 15 епізодів.

У системах вторинних холодних фронтів грози не відмічені у 2015 і 2017 рр.

На теплих фронтах грози найчастіше формувалися у 2016 р. – 15 випадків, висока повторюваність у 2011 р. – 11 епізодів. Мінімум повторюваності грози на теплому фронті належить 2011 і 2014 рр. – по 4.

На фронтах оклюзії максимум виникнення гроз припадає на 2012 р. - 10 випадків, мінімум – 2017 р. – одна гроза.

В річному розподілі виділяються деякі особливості формування грози різних синоптичних типів. Так, у 6 роках досліджуваного періоду переважали

фронтальні грози, і лише у 2014 р. виділено збільшену повторюваність внутрішньомасових гроз у порівнянні з фронтальними – 59%.

У розподілі фронтальних гроз виокремлюється 2016 р. при домінуванні грози на теплому фронті – 44% загальної кількості фронтальних гроз (15 випадків з 34).

Надалі проведено детальний аналіз синоптичних процесів, за яких утворилися грози над Харковом за період 2011-2017 рр. (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Повторюваність грози за синоптичними умовами формування на ст. 34300 Харків за 2011-2017 рр. (кількість випадків)

Баричне поле		Рік						Всього	
		2011	2012	2013	2014	2015	2016		2017
Циклонічні поля	центр	9	4	6	1	3	2	3	28
	тилова частина	12	7	6	8	7	4	1	45
	передня частина	1	2	3	4	3	9	1	23
	північна периферія	6	4	1	0	3	7	2	23
	південна периферія	3	6	4	7	5	1	6	32
	пн-зх периферія	2	9	11	6	6	7	0	41
	пн-сх периферія	0	0	2	6	1	3	1	13
	пд-зх периферія	1	4	3	4	3	1	0	16
	пд-сх периферія	2	3	6	2	1	3	1	18
Всього в циклонах		36	39	42	38	32	37	15	239
Антициклонічні поля	тилова частина	0	6	2	0	0	3	1	12
	передня частина	4	1	1	1	0	8	0	15
	північна периферія	1	1	0	2	1	0	0	5
	південна периферія	0	2	2	2	0	4	3	13
	пн-зх периферія	0	0	2	0	0	0	0	2
	пн-сх периферія	0	0	0	0	0	0	0	0
	пд-зх периферія	1	1	4	8	0	6	0	20
	пд-сх периферія	0	0	1	0	0	0	0	1
Всього в антициклонах		6	11	12	13	1	21	4	68

Загалом, у циклонічних системах грози типово формувалися частіше – 239 випадків (78%) проти 68 випадків в антициклонічних полях.

Спочатку проаналізовано частоту формування грози в циклонічних системах (рис. 5.5).

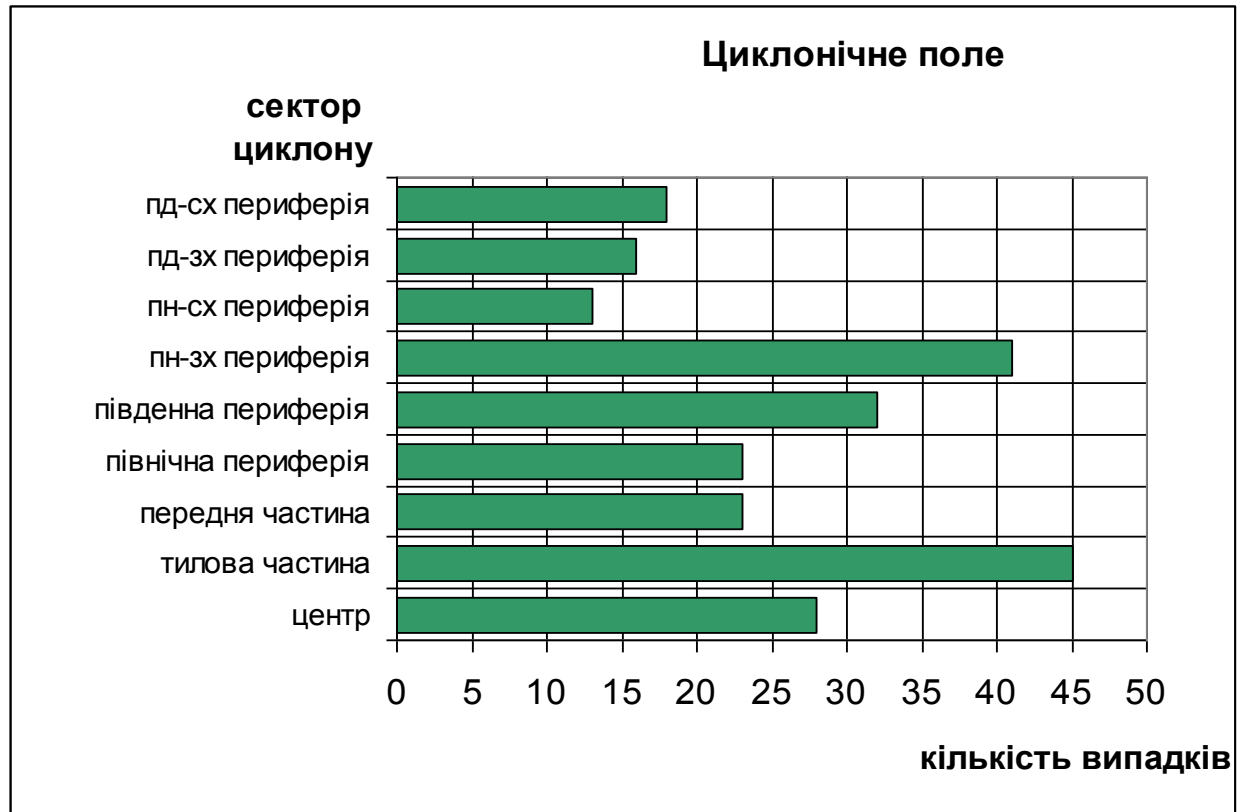


Рис.5.5. Повторюваність грози в системі циклону, ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (кількість випадків)

В тилій частині циклонів зафіксована найбільша повторюваність грозоутворення серед усіх виділених секторів циклону – 19%.

Максимум повторюваності грози у тилу циклону, тобто сформованих у системах холодного фронту відповідно до найвищих показників грозоутворення (табл. 5.4) припадає на 2011 р. - 12 випадків, у 2014 р. - 8 і рівнозначна досить висока частка – по 7 випадків у 2012 і 2015 рр., і лише один випадок грози в цій частині циклону спостерігався у 2017 р.

Периферійні процеси, що зумовлювали утворення гроз, мали значний відсоток повторюваності. Аналогічно, пов'язані з впливом холодних фронтів (у тому числі і вторинних) грози часто формувалися на північно-західній периферії циклону – 41 епізод (17%) з максимумом у 2013 р. – 11 випадків.

При цьому 2017 р. грози в цій частині циклону не реєструвалися, а у 2011 р. лише двічі.

На південній периферії циклону (область теплового сектору, де влітку зростає повторюваність грози) грози відмічалися 32 рази (13%). Найвища частка у 2014 р. – 7 випадків, а у 2016 р. лише 1.

На північно-східній периферії циклонів повторюваність грози найнижча – лише 13 випадків, при цьому у 2011р. та 2012 р. не відзначалося формування грози у цьому секторі циклону, максимум виділяється у 2014 р. – 6 епізодів.

Найменша повторюваність зафіксована на північно-східній окраїні циклонів - всього 13 випадків. Також невисока частота гроз на південно-західній і південно-східній периферії циклону – 7% і 8% відповідно.

Досить часто грози виникали у центрі циклону - 15%, з найвищим показником у 2011 р. – 9 випадків і одноразово у 2014 р.

У передній частині циклону і у на північній периферії відмічалася однакова частка грози - 10%.

Загалом по роках досліджуваного періоду, найчастіше грози формувалися в циклонічному полі у 2015 р. – 42 випадки, це 78%.

Найвища частка гроз в цьому баричному полі від зареєстрованих у році припадає на 2015 р. – 97% (32 випадки з 33). Мінімум виникнення гроз у циклонічному полі за рік належить 2016 р. – 64% (37 випадків з 58).

Визначимо частоту формування гроз в системах антициклонів. Умови для утворення конвекції, тобто внутрішньомасових гроз, і для фронтальних гроз, існують лише на периферії антициклонів, оскільки центральна частина є зоною дивергенції і виключає утворення фронтального розділу і (або) виникнення потужних висхідних потоків.

Таким чином, відсоток гроз в антициклонічних полях типово невисокий - 22%.

Наочно розподіл гроз в системах антициклонів демонструє рис. 5.6.

Найчастіше грози в цій баричній системі виникали у 2016 р. – 31%. Досить висока повторюваність гроз в антициклонічному полі у 2017 р. – 27% (проте це зважаючи на загальну мінімальну частоту грози цього року у Харкові), 2014 р. - 25%, 2012 р. – 22%. В інші роки повторюваність суттєво нижча з мінімумом у 2015 р. – 1 випадок.

При цьому в різних секторах антициклонів по роках грози відмічалися не завжди (не виділено жодного сектора, де б кожен рік відмічалася гроза).



Рис.5.6. Повторюваність грози в системі антициклонічного поля, ст. 34300 Харків за період 2011-2017 рр. (кількість випадків)

Найвищі показники повторюваності грози належать південно-західній периферії антициклонів – 29% (20 випадків), при чому рівнозначно по 8 випадків належить 2014 та 2016 рр.

Деяко вища повторюваність гроз у передній частині антициклонічного поля, яка, як правило, прилягає до тилової частини циклону, а саме 22%, з них 18% припадає на 2016 р., а у 2015 і 2017 рр. грози в цій частині вихору не відмічалися.

Близька повторюваність грози у тилівій і південній частинах антициклонічного поля – 18% і 19% відповідно.

На північно-східній периферії максимумів грози не реєструвалися, на південно-східній – одноразово у 2013 р., на північно-західній – двічі, також у 2013 р.

У підсумку, за досліджуваний період переважала грозова діяльність у циклонічних полях, де грози, в основному, були пов'язані з холодними фронтами.

5.3 Застосування супутникових даних до визначення характеристик грозової діяльності

Наведемо приклади структурних особливостей формування грози.

Внутрішньомасові грози виникають в нестійких повітряних масах, в теплу пору року, як правило, у другій половині дня. Виникаючи поза фронтальними зонами ці грози обумовлені місцевими особливостями. Тривалість таких гроз невелика і складає, як правило, не більш однієї години.

Місцеві грози можуть бути пов'язані з одним або декількома осередками купчасто дощової хмарності (Cb), які розміщуються на значній відстані один від одного (рис.5.7-5.8). Відстань між осередками залежить від інтенсивності конвекції.

На знімках представлена конвективна хмарність в ІЧ діапазоні, температурні показники верхньої межі хмарності (ch-th Colour coded thermal image), де чітко видно низькі температури зледенілих вершин купчасто-дощової хмарності; ТВ діапазон – осередкова структура яскраво-білого тону вказує на потужність купчастої хмарності.

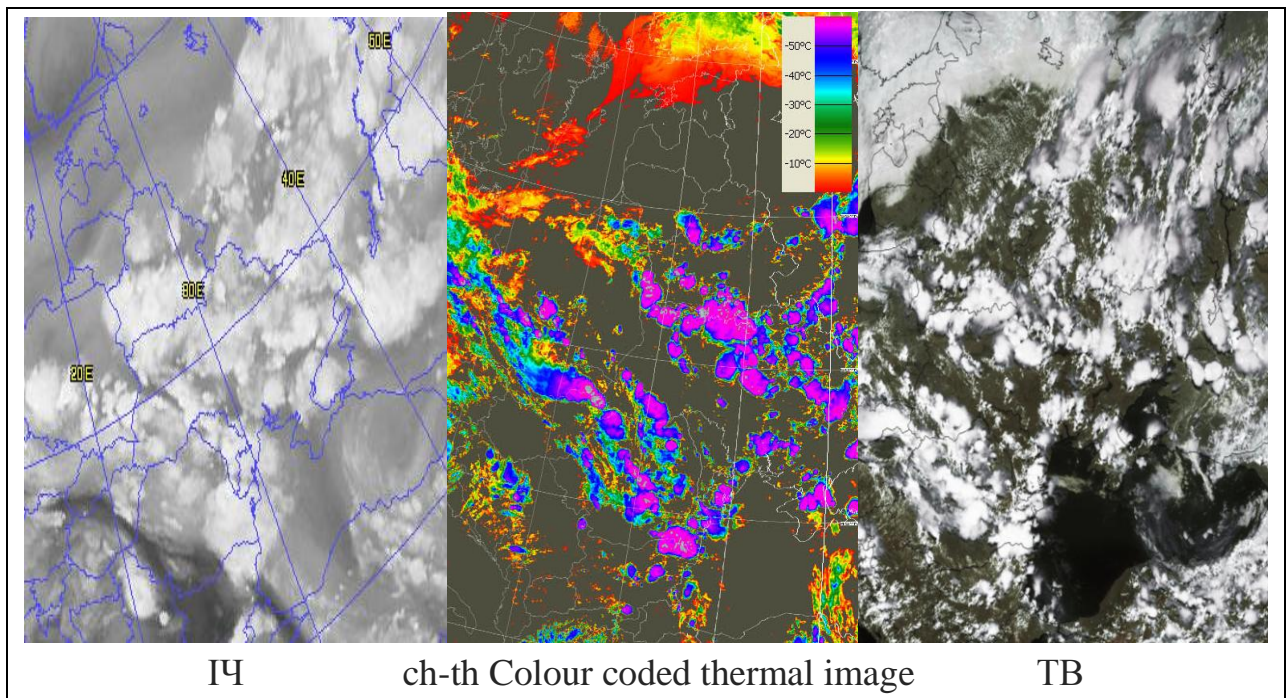


Рис.5.7. Внутрішньомасові процеси на супутникових знімках хмарності 27.05.2014р.

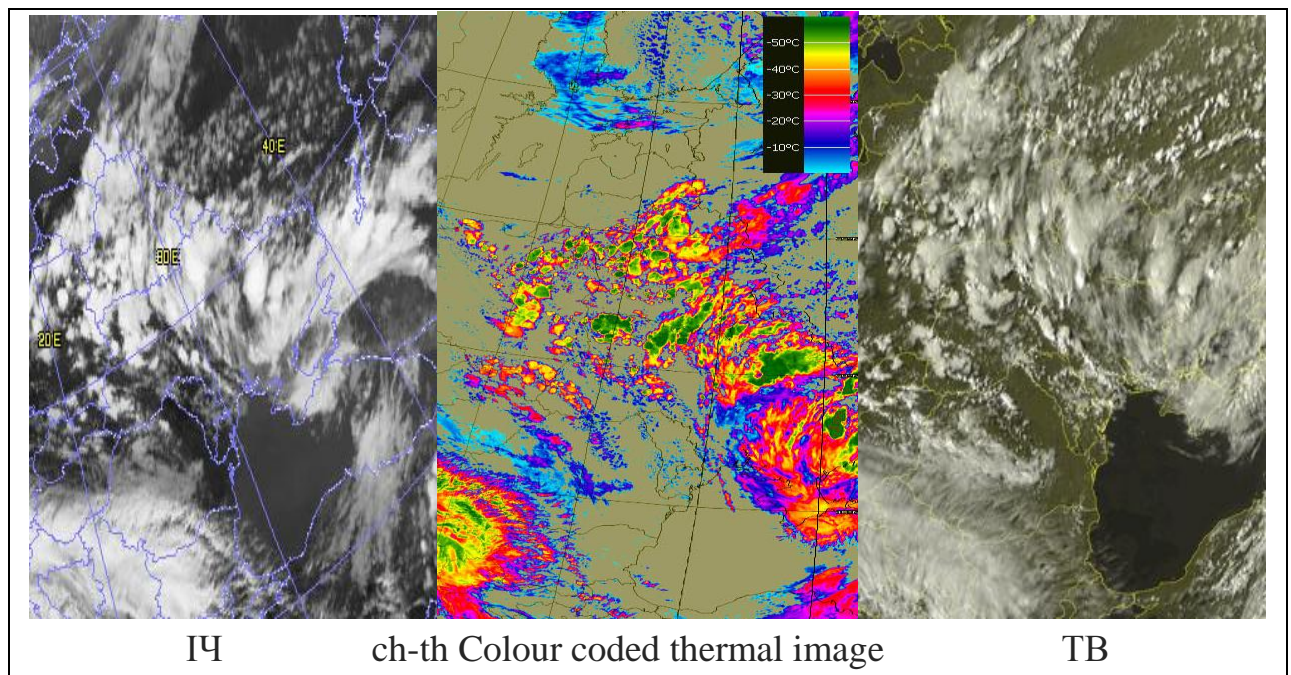


Рис.5.8. Внутрішньомасові процеси на супутникових знімках хмарності 11.05.2016 р. 15:00 UTC

Системи мілкої конвекції не відображуються на синоптичних картах і рідко зумовлюють небезпечні явища. Проте в окремих випадках грози над Харковом розвивались саме в таких умовах. Приклади систем, утворених купчастою і купчастою потужною хмарністю, що склалися з дрібномасштабних комірок круглої або квазігексагональної форми і хмарних гряд представлені на рис. 5.9. Такі хмарні гряди називають «хмарними вулицями» або валами.

Системи глибокої конвекції (СГК) характеризують інтенсивну конвекцію, що розвивається в нестійкій атмосфері в шарах великої вертикальної протяжності. Основою виявлення СГК є супутникові і радіолокаційні системи спостереження. Звичайні засоби синоптичного аналізу носять лише допоміжний характер – вони використовуються на першому етапі, коли прогнозується можливість виникнення і розвитку СГК. На другому етапі проводять узгодження хмарних утворень з мезомасштабною структурою полів тиску і вітру, на картах виділяють зони (лінії) конвергенції і мезомасштабні улоговини та депресії, а далі «накладають» на них осередки хмарності, що активно розвивається. При цьому хмарність в зонах конвергенції зазвичай розвивається в симетричні СГК, а хмарність в лініях конвергенції – в лінійні системи.

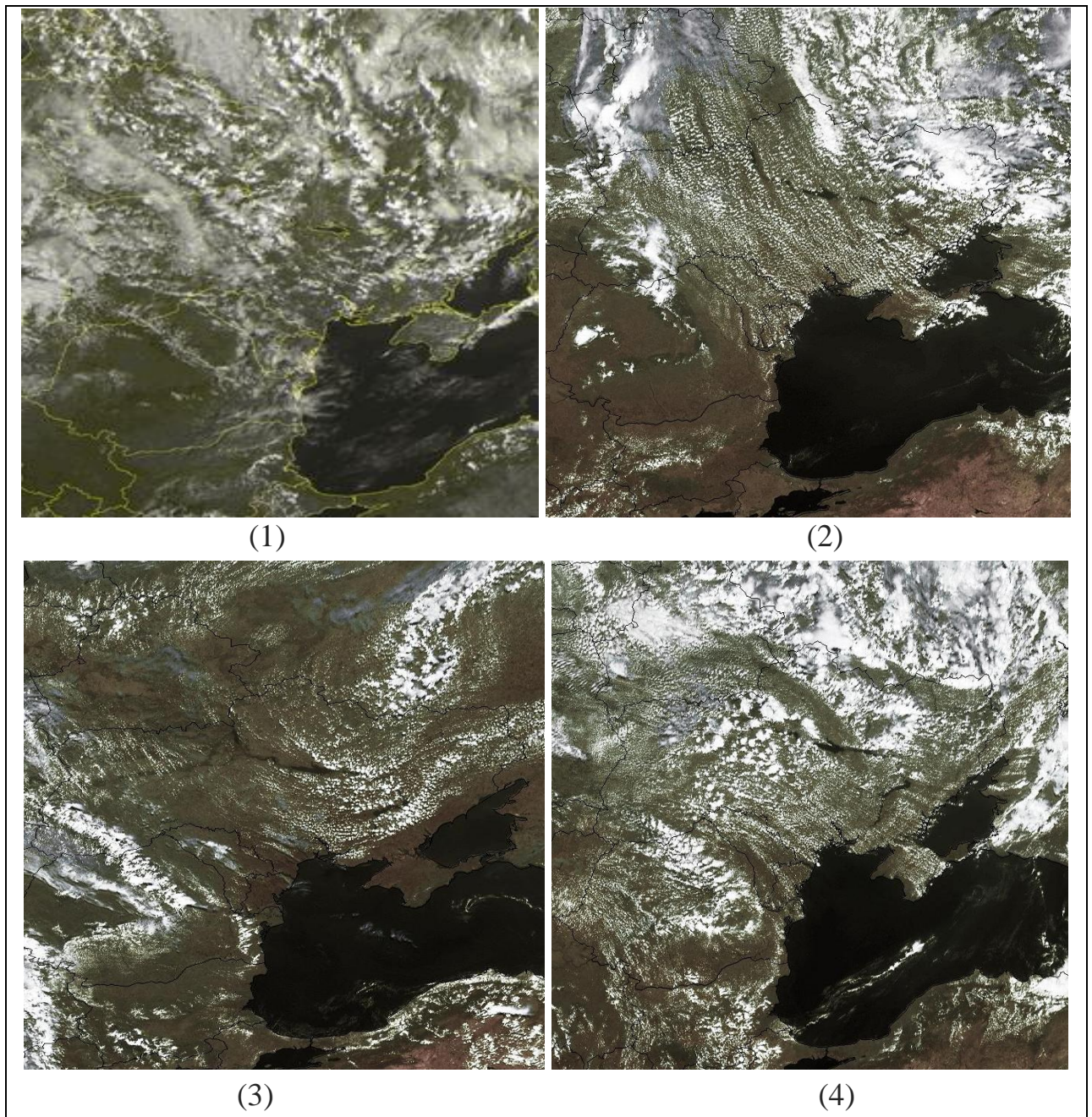


Рис. 5.9. Системи мілкої конвекції на супутникових знімках хмарності (ТВ діапазон): (1) – 17.08.2012 р.; (2) – 06.07.2013 р.; (3) - 31.07.2014 р.; (4) – 16.07.2015 р.

Наведемо приклади однокоміркових і багатокоміркових гроз.

Однокоміркові хмари складаються з одного конвективного осередку з висхідним потоком у центральній частині і можуть провокувати ізольовані грози. Охоплює площу в 8 - 12 км, існує звичайно не більше півгодини. Підтип такої грози - пульсуюча гроза (pulse storm), відрізняється більш потужним висхідним потоком, може триває біля години. Як правило, однокоміркові грози виникають в малоградієнтних полях, тому є важко

прогнозованими. Приклад однокоміркової грози наведено на рис. 5.10. Як видно на знімку МШСЗ, масштабний хмарний осередок займає саме Харківську область, у системі виділяється ядро з чіткими межами яскраво-білого тону, що відповідає потужній купчастій і купчасто-дощовій хмарності.

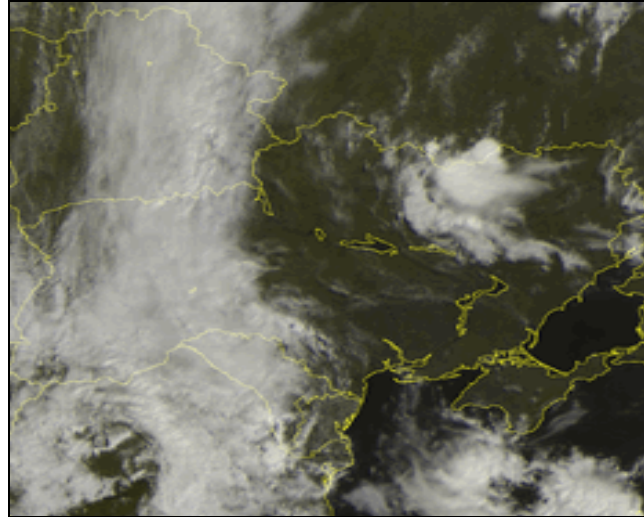


Рис. 5.10. Однокоміркова купчаста хмарність над сходом України на знімку МШСЗ (ТВ) 06.06.2012 р.

При мультикомірковій грозовій діяльності низхідні потоки холодного повітря «материнської» хмари створюють висхідні потоки, що формують «дочірню» грозову хмару. Таким чином, може сформуватися серія осередків. Багатокоміркові кластерні грози - це найбільш розповсюджений тип гроз пов'язаний з мезомасштабними (від 10 до 1000 км) збуреннями.

Багатокомірковий кластер складається одночасно з декількох осередків (комірок), при цьому кожен осередок у фіксований момент часу знаходиться на різних стадіях свого розвитку. Кожен окремий осередок у кластері знаходиться в зрілому стані близько 20 хвилин; сам мультикомірковий кластер може існувати протягом кількох годин. Багатокоміркові кластерні грози можуть давати град, зливові дощі і відносно слабкі шквальні пориви вітру.

Приклади мультикоміркових гроз наведено на рис. 5.11. Найкраще активність процесу демонструє ТВ-діапазон при виділенні зернистої текстури скупчень купчасто-дощової хмарності на сході України. Цікавим є факт формування таких активних процесів конвекції вже у середині травня 2012-2014 рр.

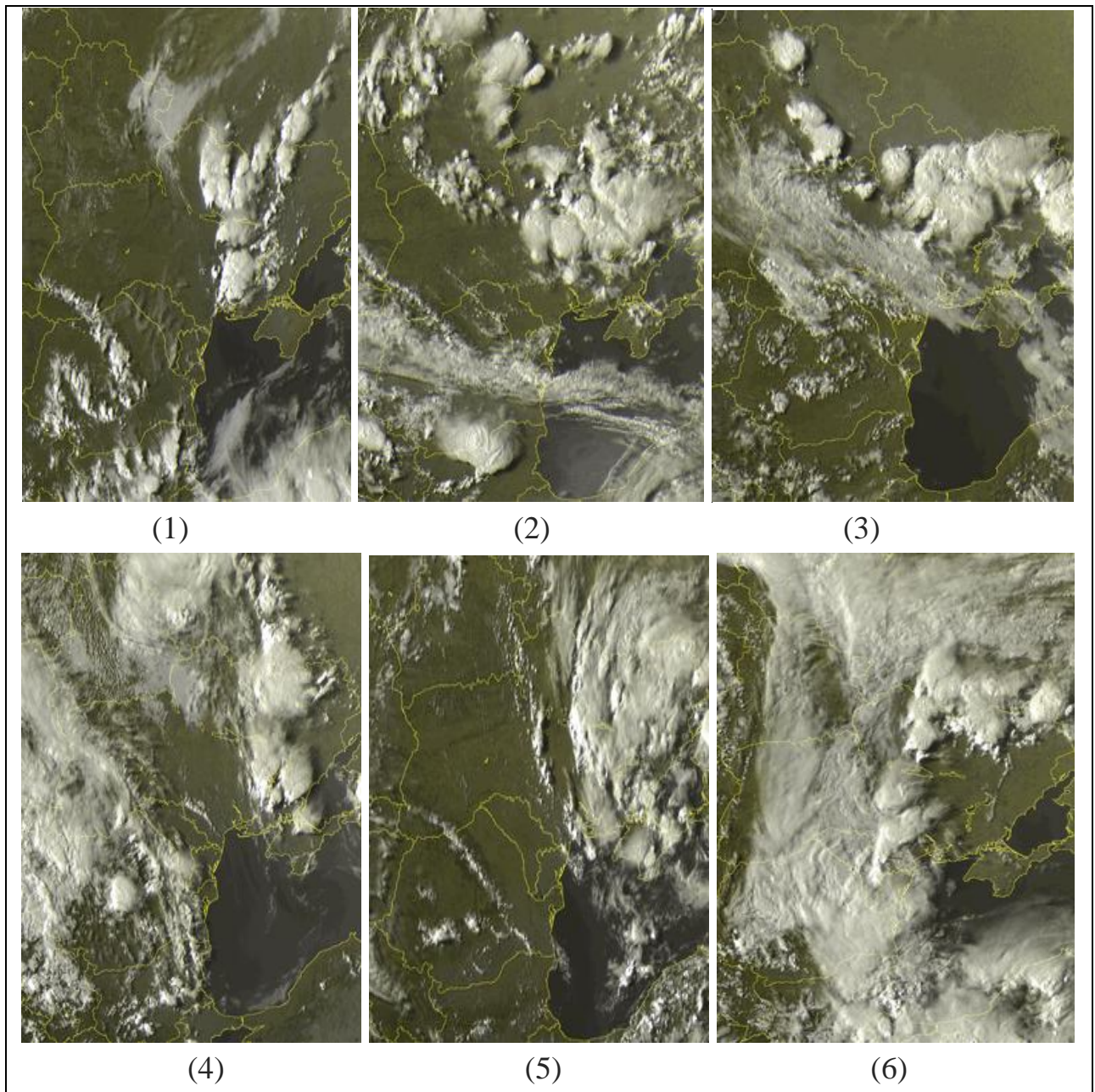


Рис. 5.11. Мультикоміркова хмарність на знімках МПСЗ (ТВ):
 (1) – 10.05.2012 р.; (2) – 17.05.2013 р.; (3) – 18.05.2014 р.;
 (4) - 27.07.2015 р.; (5) - 30.06.2016 р.4 (6) - 22.07.2017 р.

Окрему структуру утворюють лінійні грози. Багатокоміркові лінійні грози являють собою лінію гроз із тривалим, добре розвигим фронтом поривів вітру на передній лінії фронту. Лінія шквалів може бути суцільною або мати розриви. Велике число близько розташованих висхідних і низхідних потоків повітря, що чергуються, дозволяє кваліфікувати даний комплекс гроз як багатокомірковий, хоча його грозова структура сильно відрізняється від багатокоміркової кластерної грози. Багатокоміркова лінійна гроза, що

наближається, виглядає як темна стіна хмар, звичайно покриваюча горизонт із західної сторони (у північній півкулі).

Приклади лінійних кластерних гроз ілюструє рис. 5.12.

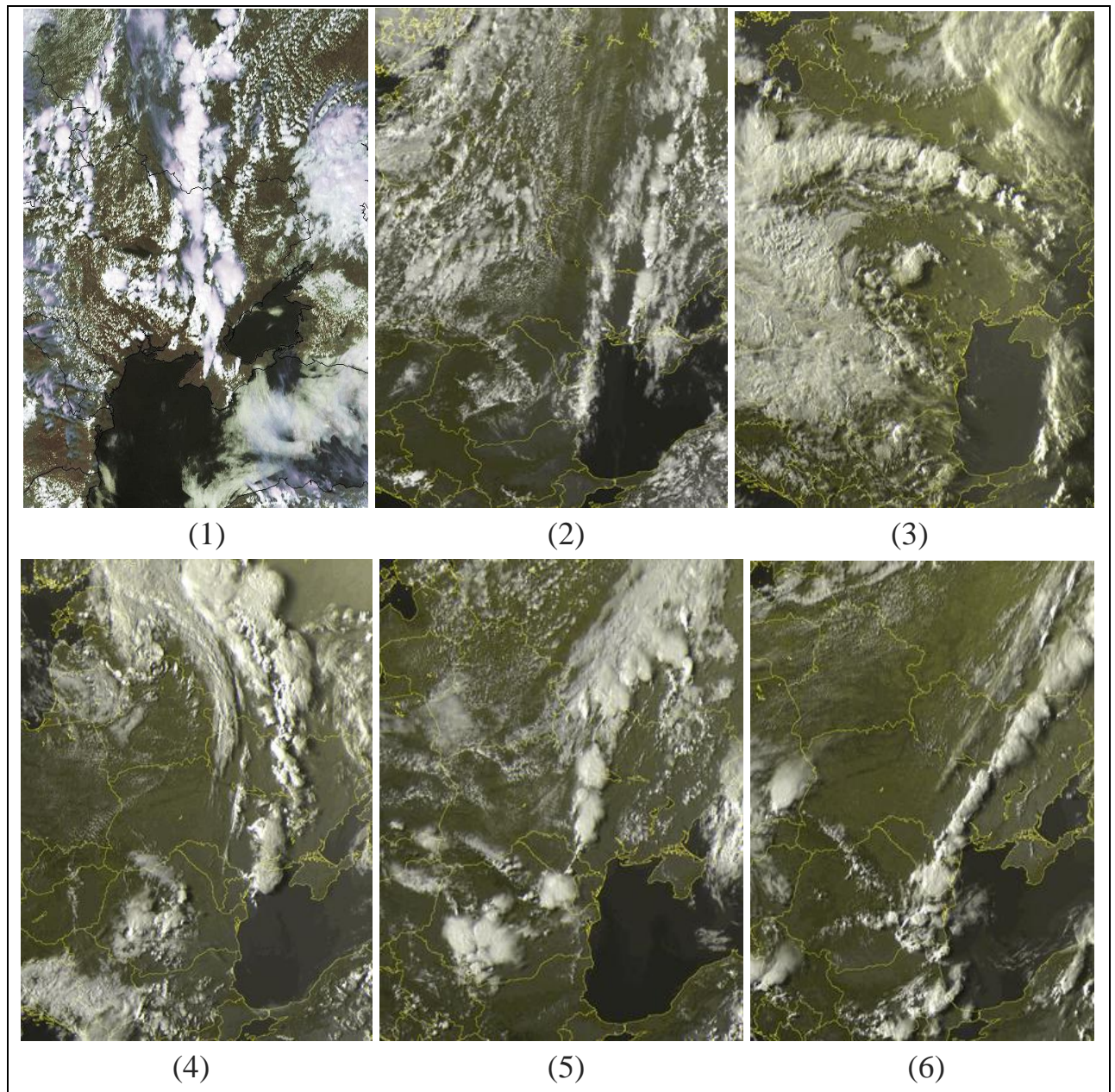


Рис. 5.12. Багато коміркові лінійні грози на знімках МШСЗ:
 (1) – 07.05.2012 р.; (2) - 08.08.2012 р.; (3) - 27.05.2013 р.; (4)
 - 07.08.2016 р.; (5) – 22.07.2017 р.; (6) - 27.06.2017 р.

Фронтальні грози зазвичай спостерігаються на холодних фронтах, рідше – теплих фронтах, переважно влітку, а іноді можуть виникати ранньою весною, пізно восени і навіть взимку.

Відповідно до встановленої високої повторюваності гроз у системах холодних фронтів за досліджуваний період, для наочності відібрано типові приклади формування грози на холодних фронтах - рис. 5.13.

Зауважимо деяку аномальність збігу календарних дат при переміщенні однотипної структури загостреного холодного фронту через Україну і, зокрема, Харківську область.

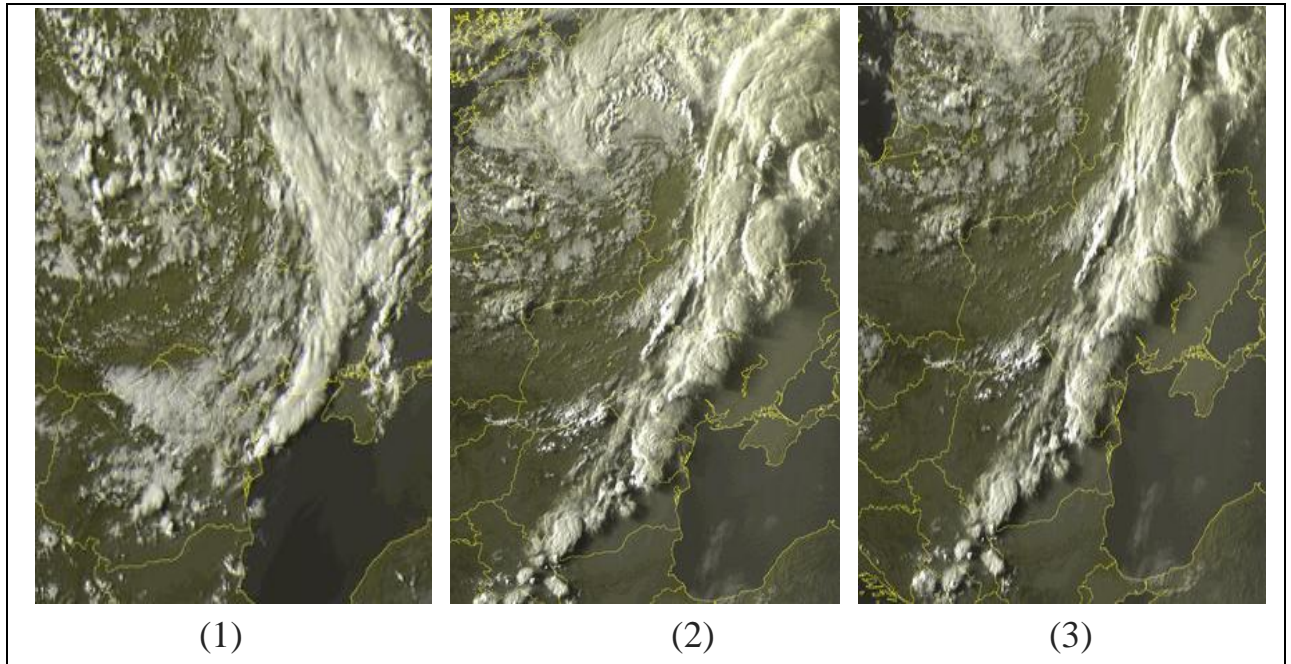


Рис. 5.13. Грози у системах холодних фронтів на знімках МШСЗ: (1) - 20.07.2013 р.; (2) - 20.07.2014 р.; (3) - 20.07.2015 р.

Найбільш небезпечні системи – це зони активної конвекції (ЗАК). Суперкоміркова хмара має одну зону висхідного потоку і розмір осередку: діаметр порядку 50 км, висота 10-15 км (нерідко верхня межа проникає в стратосферу) з єдиним напівкруглим ковадлом. Навколишні умови є основним чинником в утворенні суперкоміркової хмари. Необхідна дуже сильна конвективна нестійкість повітря, високі температури повітря ≥ 27 °С, вітер змінного напрямку, що викликає обертання.

Такі процеси у досліджуваний період відзначалися 12 липня 2014 р. (рис. 5.14). Зазначена хмарна зона являє собою конвективну систему потужної хмарності з викидами перистих хмар (*Сi*), які облямовують купчасто-дощове скупчення і являють собою вид хмарності з ковадел («наковальни»). Це показова структура хмарності суперкомірки при

достатньому розвитку Св по вертикалі, коли їх верхні границі є зледенілими, на що вказують низькі температури межі хмарності верхнього ярусу .

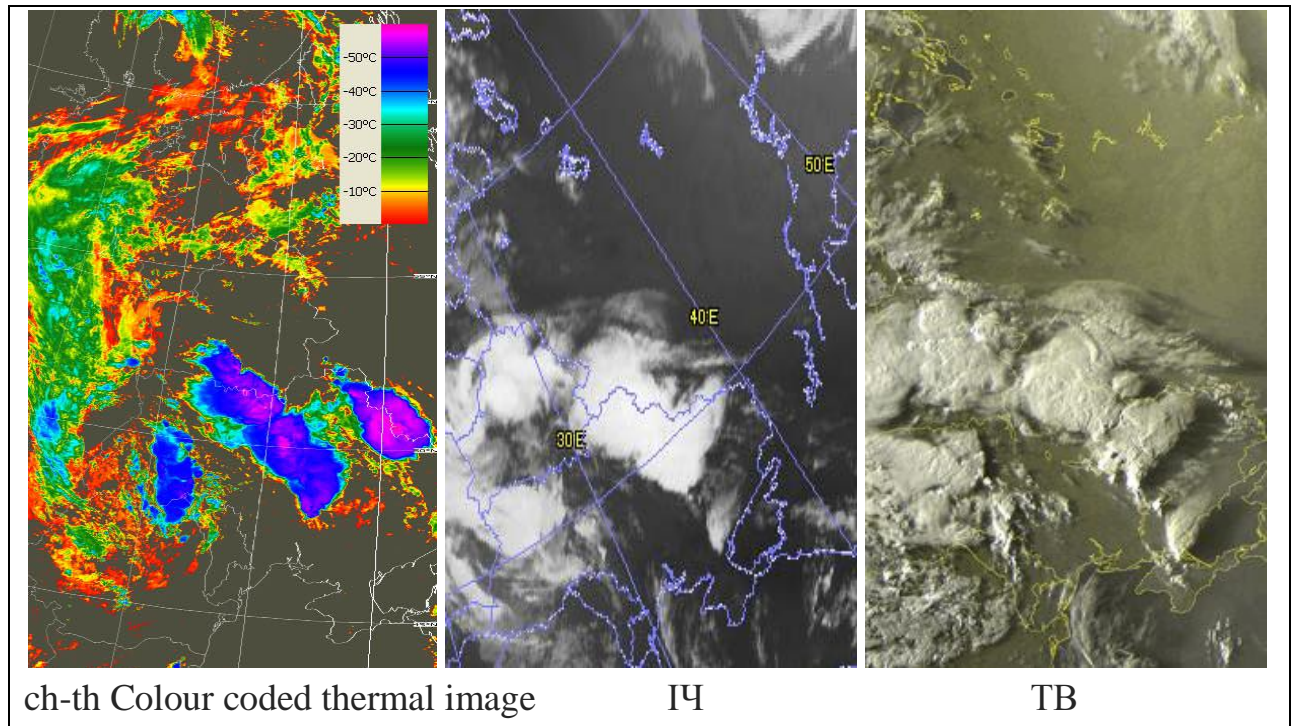


Рис. 5.14. Зображення суперкомірки на супутникових знімках різних діапазонів 12.07.2014 р.

Так, системи суперкомірок також спостерігалися 14.06.2012 р., 17.05.2014 р., 15.08.2015 р., 18.07.2016 р., 24.08.2016 р. У зазначені дати висота радіолуни сягала 15 км при грозах, граду градації сильні (цифри коду RADOB 6, 8), зливах від помірних до сильних.

5.4 Синоптичні процеси виникнення ранньої і пізньої грози над Харковом

Вихідними даними для дослідження циркуляційних умов виникнення гроз виступили результати наземних метеорологічних спостережень приземні карти погоди та дані температурно-вітрового зондування – карти поверхонь АТ-500, АТ-700, АТ-850, ВТ-500/1000 (Додаток В, рис.В.1-рис.В.10); карти і таблиці розподілу небезпечних явищ погоди; карти МРЛ; супутникові знімки хмарності.

Найбільш рання гроза за досліджуваний період спостерігалася 6 квітня 2013 р. (додаток В, рис. В.1 – В.5).

Визначимо особливості циркуляційних процесів.

У приземному полі основним погодоутворюючим фактором для східної Європи була розмита циклонічна система з кількома центрами.

На строк 00 ВСЧ центри зниженого тиску виділяються над Балеарськими о-вами (мінімальний тиск у центрі 1002,3 гПа) і Румунією (замкнена ізобара 1000 гПа), області поєднані полярним фронтом переважаючого широтного напрямку, ще один частинний центр циклону знаходиться в районі Москви з мінімальним тиском в центрі 1001 гПа, з ним пов'язаний арктичний фронт. Смуга зниженого тиску видовжена з південного заходу (з півночі Африки) на північний схід до о. Нова Земля.

За даними приземної карти погоди на строк 06 год. частинний центр циклону зберігається над ЄТР, а інший - з районів Румунії – дещо зміщується і виділяється в районі Києва. Обидва центри поєднані двома паралельними фронтальними розділами з хвилями. Схід України перебуває під впливом полярного фронту, до вечірніх строків через Харківську область пройде холодний фронт.

Висотне термобаричне поле характеризує потужну улоговину ультраполярної спрямованості, що охоплює весь європейський сектор, лише над центральною Атлантикою та від Малої Азії на Казахстан орієнтовані вузькі гребені. Центр висотного циклону знаходиться в районі Карського моря, криволінійна просторова вісь спрямована через Європу до Франції, де виокремлюється вторинний центр циклону, і далі - на північ Африки.

Таким чином, поточної доби Харківська область перебувала під впливом ділянки висотно-фронтальної зони між вказаним циклоном і гребенем над Казахстаном в, так званій, штормовій зоні при значних термобаричних градієнтах. Над сходом України і Приволзькою височиною виділяються меридіональні потоки при переважаючих південно-західних вітрах, за даними карти ВТ-500/1000 градієнти склали 18-24 дам/1000 км.

Супутникові знімки хмарності вказують на потужну фронтальну хмарність білого і яскраво-білого тону зображення, при чому зважаючи на близькість розташування біля поверхні землі паралельних фронтальних систем (арктичної і полярної) за даними МШСЗ виділяється суцільна смуга хмарності значної товщини і горизонтальної протяжності – рис. 5.15.

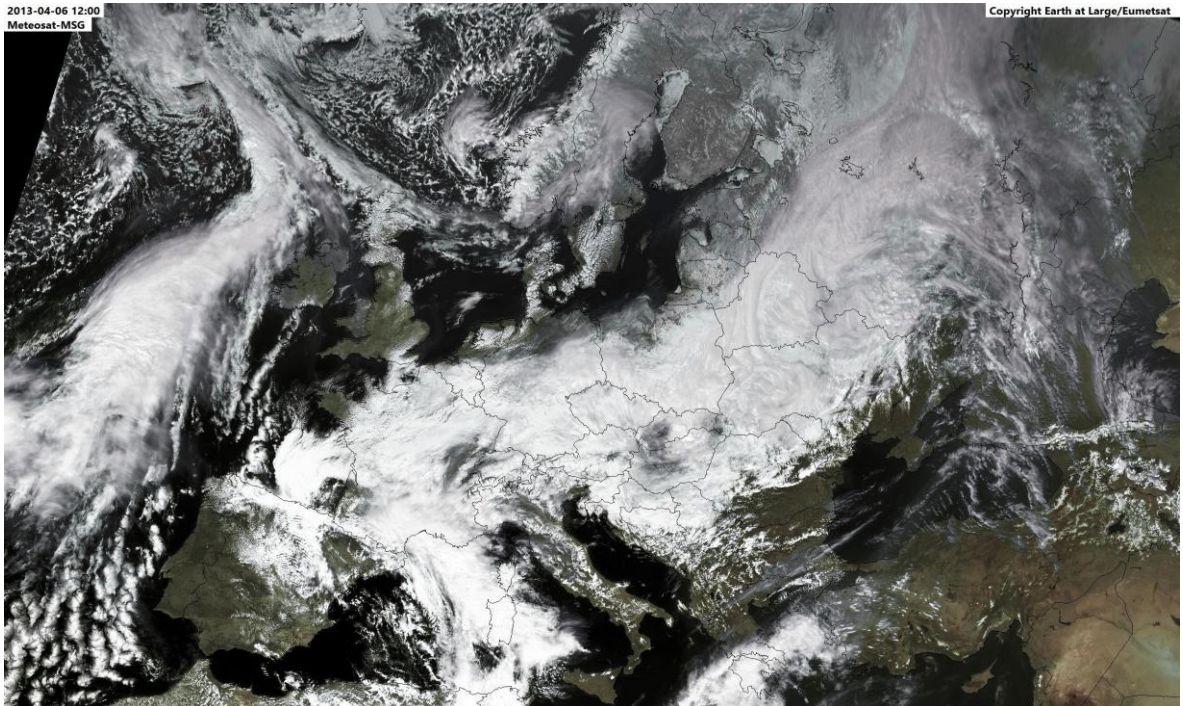


Рис.5.15. Супутниковий знімок хмарності 06.04.2013 р., 12 UTC

Більш деталізовано активність процесу в зоні фронту ілюструє супутниковий знімок хмарності з накладанням температурних градацій, що вказує на низькі температури зледенілих вершин купчасто-дощової хмарності – рис. 5.16.

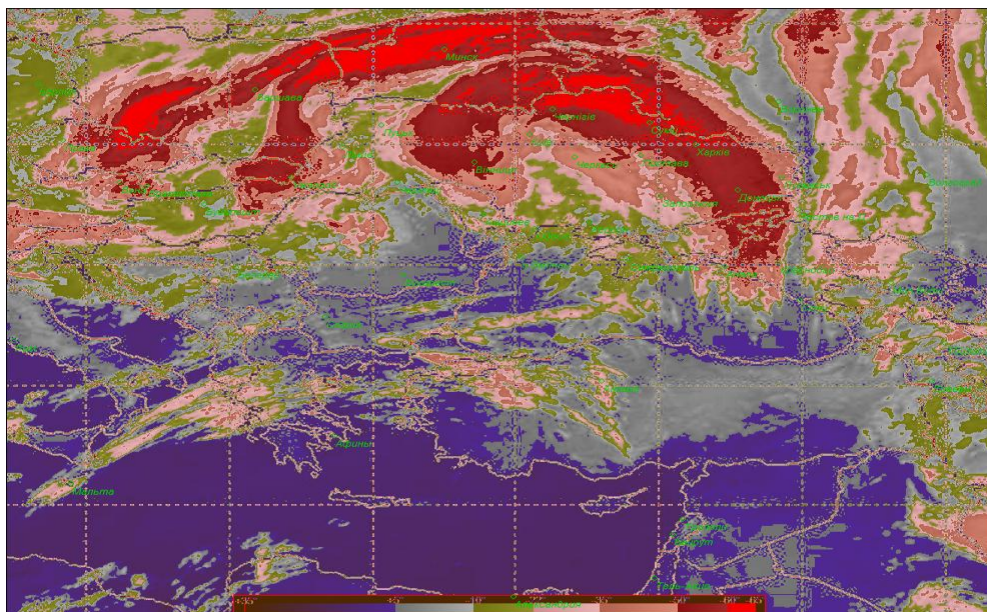


Рис.5.16. Супутниковий знімок хмарності 06.04.2013 р., 00 UTC

Дані МРЛ Запоріжжя і Києва виділяють у цьому масиві хмарності на строки 15 і 18 год. грозові осередки з висотою верхньої межі хмарності, що відповідає параметрам ЗАК – зон активної конвекції, а саме - 9-11 км, інтенсивність грози – цифри коду RADOB 6 – сильна, зливові опади (цифри коду 4 і 6) від помірних до сильних.

Поширення небезпечних явищ погоди по Харківській області ілюструє фрагмент карти розподілу НЯ (небезпечних явищ) на рис. 5.17. Гроза зареєстрована в на кількох станціях області.

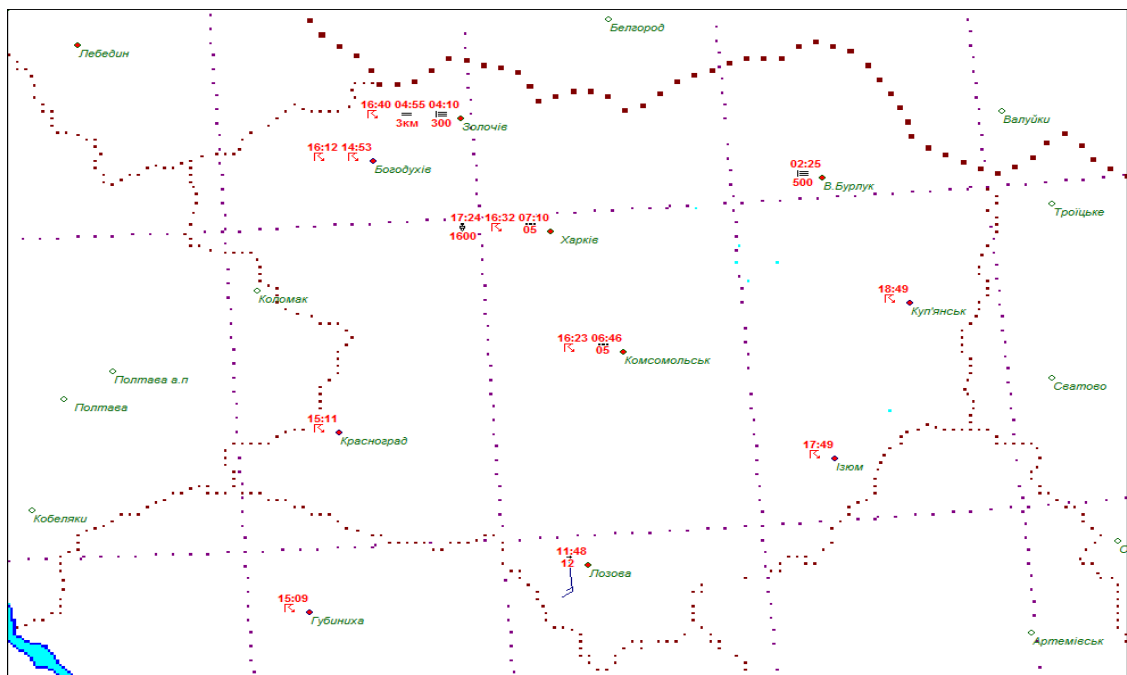


Рис. 5.17. Карта штормових явищ погоди 06.04.2013 р. (Харківська обл.)

Загалом у східному регіоні 6 квітня 2013 р. відмічалися небезпечні і стихійні явища погоди в Дніпропетровську – гроза, шквал $16 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$; Запоріжжя – гроза.

Отже, найбільш рання гроза в Харкові за період спостереження 2011-2017 рр. сформувалася при конвективних процесах в системі холодного фронту.

Найбільш пізня гроза за досліджуваний період спостерігалася 30 жовтня 2012 р. (додаток В, рис. В.6 – В.10).

Цікавим є факт практичної ідентичності конфігурації баричного поля за даними АТ-500 при виникненні найбільш ранньої і пізньої грози у Харкові – рис.5.18.

В результаті в тропосфері над сходом України спостерігалися меридіональні потоки зі значними термобаричними градієнтами при південно-західних напрямках. Динамічно значимій полярній ВФЗ відповідали дві фронтальні системи біля поверхні землі.

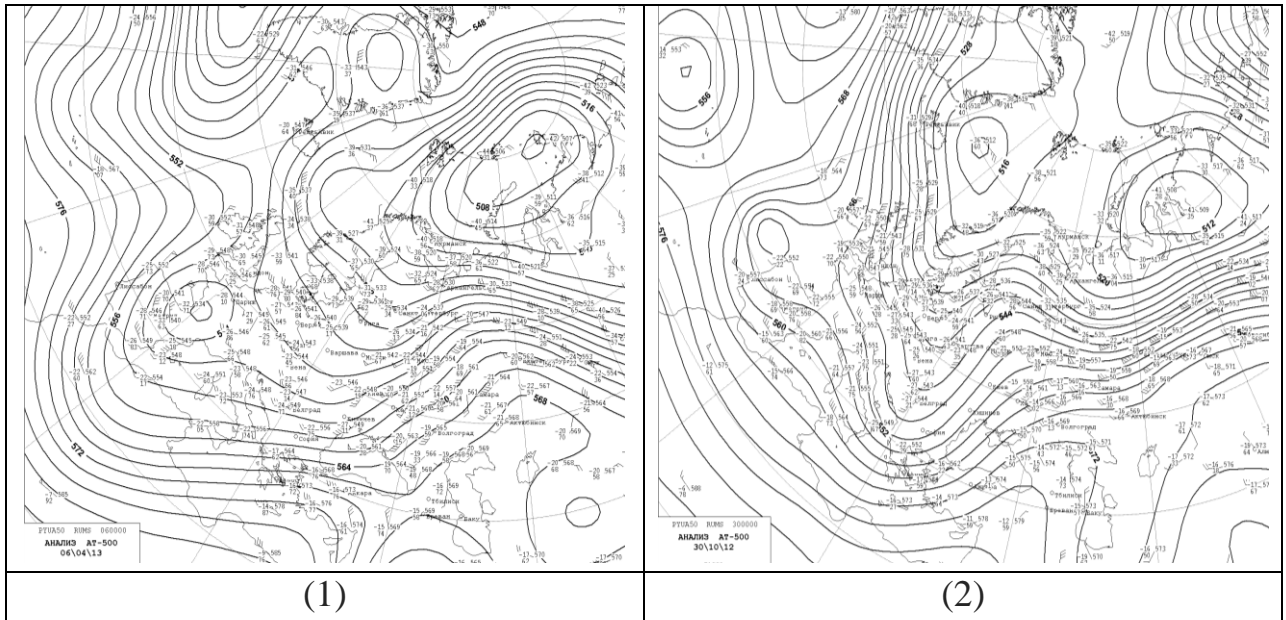


Рис. 5.18. Карти АТ-500: (1) – 06.04.2013 р.; (2) – 30.10.2012 р., 00 ВСЧ

За приземною картою погоди в строк 06 год. 30 жовтня 2012 р. над Україною знаходився центр циклону з мінімальним тиском 1001,7 гПа над Одесою, з циклоном пов'язані дві паралельні фронтальні системи і верхній теплий розділ – вся циклонічна система розшарована; через схід України орієнтовна ділянка теплового арктичного фронту з градієнтами до 15 °С.

На знімку хмарності 30.10.2012 року виділяється потужна хмарність з вертикальним розвитком до 10 км меридіонально видовжена – рис. 5.19. Безпосередньо над Харковом виокремлюється грозовий осередок.

Дані МРЛ за 15 год. по зведенням Запоріжжя, Сімферополя, Ростова на Дону вказують на потужну хмарність з висотою радіолуни до 9 км, явища погоди – місцями гроза (цифри коду 6) сильна і помірна (цифри коду 4), помірні зливи.

Даної доби по території України відмічалися небезпечні явища погоди, характерні, як для холодного, так і теплового періоду року. Зокрема, Вінниця – зливовий сніг, Житомир – крижаний дощ, облоговий сніг, Запоріжжя – сильні зливи, посилення вітру до 15 м·с⁻¹, Одеса – сильна злива, Полтава –

гроза, Сімферополь – сильна злива, Харків – гроза, сильна злива, місцями на заході і півдні тумани з погіршенням видимості до 200-400 м.

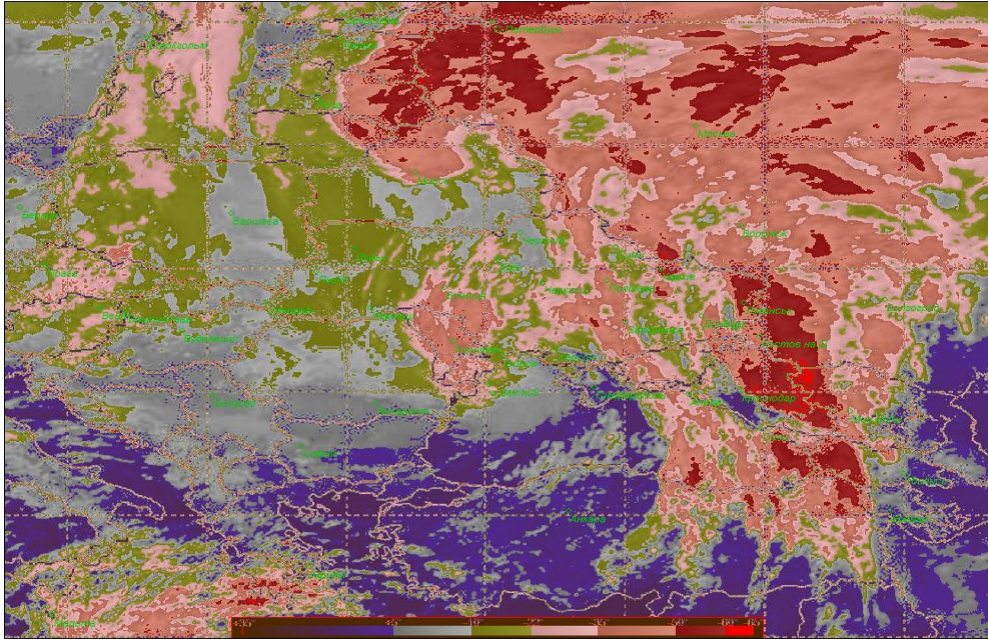


Рис.5.19. Супутниковий знімок хмарності 30.10.2012 р., 15 UTC

Розподіл небезпечних явищ погоди по Харківській області ілюструє рис. 5.20.

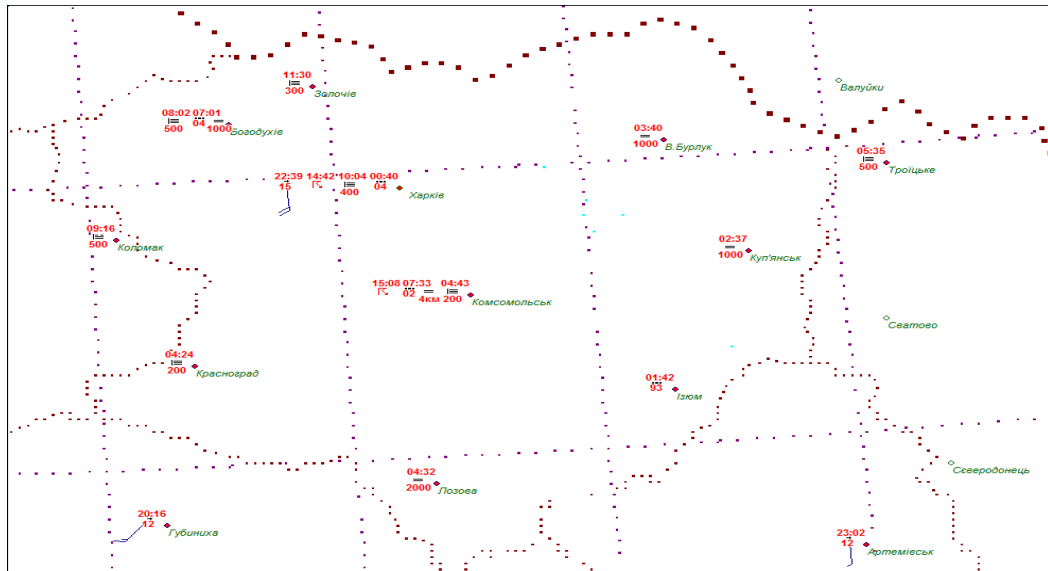


Рис. 5.20. Карта штормових явищ погоди 30.10.2012 р. (Харківська обл.)

Таким чином, найбільш рання і пізня гроза в Харкові сформувалися в циклонічній системі і мали фронтальне походження.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. За період 2011-2017 рр. зареєстровано 307 випадків з грозовою діяльністю над Харковом. Максимум належить 2016 р. – 58 випадків, мінімум припадає на 2017 р. - 19 епізодів.
2. Найбільшу повторюваність гроз зафіксовано влітку – 67%. Весною - 28% випадків. Мінімальна частота грози припала на осінь –5%, у 2016 р. відмічено найвищу повторюваність грози восени – 4 випадки. Домінування літніх гроз відзначається у всіх роках, максимум припадає на 2014 р. – 74%.
3. Місячний розподіл показує переважання грози у червні 26% (80 випадків). Висока повторюваність у травні – 24% і липні – 22%. Найрідше гроза формувалася у жовтні - 2% і вересні - 3%.
4. В шести роках досліджуваного періоду (за виключенням 2017 р.) домінували денні грози - 60% (183 випадки). В 2017 р. нічні грози переважали на 1 випадок.
5. Відмічалось 62 випадки з сухими грозами – 20% від загальної кількості. Серед грозових днів з опадами виділяється 04.07.2011 р. і 29.05.2016 р. – по 42 мм/12 год.
6. Відповідно до синоптичної класифікації найвища повторюваність грози у Харкові мала фронтальне походження. Загалом, фронтальних гроз – 188 випадків, а внутрішньомасових – 119. Виділяється домінування утворення грози у системах холодних фронтів – 46% фронтальних гроз. Найрідше фронтальні грози були пов'язані з вторинними холодними фронтами – 5%. Висока частка утворення грози на теплих фронтах – 28%. Фронтальні грози найчастіше спостерігалися в 2012 р. – 20% загальної кількості фронтальних гроз (38 випадків); найрідше - у 2017 р. – 7% (13 випадків).
7. Найбільша повторюваність внутрішньомасових гроз – у 2014 р. - 30 випадків (25% загального числа внутрішньомасових гроз). Висока

повторюваність такого типу грози у 2013 і 2016 рр. – 21% і 20% відповідно. Найрідше внутрішньомасові грози відмічалися у 2017 та 2015 рр. – 5% і 6% відповідно.

8. Аналіз циркуляційних умов формування грози показав, що у циклонічних системах грози типово формувалися частіше – 239 випадків (78%) проти 68 випадків в антициклонічних полях. В тиловій частині циклонів зафіксована найбільша повторюваність грозоутворення серед усіх виділених секторів циклону – 19%. Часто грози формувалися на північно-західній периферії циклону – 17%. На північно-східній периферії циклонів повторюваність грози найнижча – 13 випадків. Найвищі показники повторюваності грози в антициклонічному полі належать південно-західній периферії антициклонів – 29% (20 випадків). На північно-східній периферії максимумів грози не реєструвалися, на південно-східній – одноразово - у 2013 р.
9. Найбільш небезпечні погодні умови спостерігалися в зонах активної конвекції при формуванні суперкомірок купчасто-дощової хмарності 14.06.2012 р., 17.05.2014 р., 12.07.2014 р., 15.08.2015 р., 18.07.2016 р., 24.08.2016 р. У зазначені дати висота радіолуни сягала 15 км при грозах, граду градації сильні, зливах від помірних до сильних.
10. Найбільш рання гроза за досліджуваний період спостерігалася 6 квітня 2013 р., найбільш пізня – 30 жовтня 2012 р. Грози мали фронтальне походження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алексеева А.А., Глушкова Н.И. Особенности развития конвективных стихийных гидрометеорологических явлений и их прогноз // Труды ГМЦ России. 2000. Вып. 330. С.90-97.
2. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. Учебник. СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. 328 с.
3. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Авиационные прогнозы погоды. СПб.: РГГМУ, 2003. 164 с.
4. Брылев Г.Б., Шведов В.В. Радиолокационные критерии грозоопасности в оперативной практике. В кн.: Радиолокационная метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 144-154.
5. Грачова Н.І., Кузнєцова В.В., Романенко Л.Н., Самаріна Л.П. Дослідження радіолокаційних характеристик небезпечних явищ погоди на території України // Наук. праці УкрНДГМІ, 2015. Вип.267. С. 38-45.
6. Гусейнов Н.Ш., Шпиг В.М., Меліков Б.М. Диагностические параметры условий формирования гроз // Фізична географія та геоморфологія. К.: ВГЛ «Обрії», 2013. Вип. 4 (72). С.117-126.
7. Заболоцька Т.М., Підгурська В.М., Шпиталь Т.М. Грозова діяльність на території України // Наук. праці УкрНДГМІ, 2007. Вип.256. С.92-98.
8. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди: підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
9. Клімат України / Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ. Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
10. Кононов И.И., Петренко И.А., Снегуров В.С. Радиотехнические методы местоопределения грозовых очагов. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 222 с.
11. Кононов И.И., Юсупов И.А. Кластерный анализ грозовой активности // Радиотехника и электроника. 2004. Том 49. № 3. С. 283-291.
12. Кононов И.И., Крутой Д.М., Юсупов И.Е., Иванов В.И. Систематические ошибки систем местоопределения грозовых очагов / Сб. трудов XVII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». 12-14 апреля 2011г. Воронеж. Россия. С. 1990-2002.
13. Назаренко А.В. Опасные природные явления. Часть III. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. 2008. 62 с.

14. Практикум з синоптичної метеорології: Навчальний посібник / Під ред. Г.П. Івус, С.М. Іванової. Одеса: Вид-во «ТЭС», 2004. 419 с.
15. Яковлев А.М. Авиационная метеорология. Изд. «Транспорт». 1971. 248 с.
16. http://rp5.ua/Погода_в_мире
17. <http://www.eumetsat.int>
18. <http://www.wetterzentrale.de/>
19. <http://www2.wetter3.de/fax>
20. www.ncdc.noaa.gov/oa/mpp/

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
до магістерської кваліфікаційної роботи
маг. гр. МНЗ-61м Назарової Олени Олександрівни
на тему
«Характеристики грозової діяльності над Харковом»

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

Вихідні дані

Таблиця Б.1 - Повторюваність грози за період 2011-2017 рр. за даними ст. 34300 Харків (аеропорт)

Дата	Строк спостереження (МСЧ)	Кількість опадів, мм/год	Явища погоди WW
1	2	3	4
29.04.2011	14:00	сліди опадів	гроза, злива
05.05.2011	14:00 - 20:00	2/6	гроза, злива
14.05.2011	20:00 - 23:00	2/12	гроза, дощ
22.05.2011	14:00 - 20:00	-	гроза
24.05.2011	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза, злива
25.05.2011	17:00 - 23:00	сліди опадів	гроза, злива
26.05.2011	02:00	5/6	гроза, злива
10.06.2011	17:00 - 20:00	15/12	гроза, злива
11.06.2011	23:00	-	гроза
12.06.2011	02:00	-	гроза
12.06.2011	14:00	9/6	гроза, слабкий дощ
13.06.2011	14:00	сліди опадів	гроза, злива
14.06.2011	14:00 - 20:00	8/12	гроза, злива
21.06.2011	11:00 - 14:00	2/6	гроза, злива
21.06.2011	20:00	-	гроза
22.06.2011	17:00 - 20:00	0,4/12	гроза, злива
24.06.2011	17:00 - 20:00	1/12	гроза, злива
25.06.2011	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза, злива
26.06.2011	11:00 - 20:00	25/12 (22/6)	гроза, злива
27.06.2011	11:00 - 14:00	14/6	гроза, злива
30.06.2011	14:00 - 23:00	19/12	гроза, зливовий дощ
01.07.2011	02:00	9/6	гроза, зливовий дощ
03.07.2011	20:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
04.07.2011	02:00	-	гроза
04.07.2011	14:00 - 20:00	43/12	гроза, злива
05.07.2011	05:00 - 08:00	9/12	гроза, злива
08.07.2011	17:00 - 20:00	9/12	гроза, злива
10.07.2011	17:00 - 20:00	5/12	гроза, злива
17.07.2011	17:00- 20:00	7/12	гроза, злива
22.07.2011	08:00 - 14:00	4/12	гроза, зливовий дощ
22.07.2011	20:00 - 23:00	2/12	гроза, дощ
23.07.2011	14:00	сліди опадів	гроза
28.07.2011	08:00 - 14:00	сліди опадів	гроза

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
02.08.2011	17:00 - 20:00	0,6/12	гроза, злива
13.08.2011	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
15.08.2011	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
16.08.2011	17:00 - 20:00	-	гроза
17.08.2011	14:00 - 20:00	0,9/6	гроза, дощ
23.08.2011	23:00	-	гроза
24.08.2011	02:00	9/6	гроза, злива
01.09.2011	14:00 - 20:00	2/12	гроза, злива
13.09.2011	11:00 - 20:00	2/6	гроза, злива
Всього за 2011 р.		42	
19.04.2012	20:00 - 23:00	0,3/12	гроза, зливовий дощ
20.04.2012	02:00	1/6	гроза, злива
23.04.2012	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
06.05.2012	02:00 - 08:00	17/12	гроза, злива
06.05.2012	17:00 - 20:00	-	гроза
07.05.2012	14:00	сліди опадів	гроза
09.05.2012	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
10.05.2012	17:00 - 20:00	8/12	гроза, злива
16.05.2012	17:00 - 23:00	0,4/12	гроза, зливовий дощ
17.05.2012	02:00	0,9/6	гроза, зливовий дощ
17.05.2012	14:00 - 20:00	7/6	гроза, злива
04.06.2012	17:00 - 20:00	15/12	гроза, злива
06.06.2012	11:00 - 14:00	3/6	гроза, злива
07.06.2012	14:00 - 17:00	сліди опадів	гроза
14.06.2012	17:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
15.06.2012	02:00	сліди опадів	гроза
15.06.2012	14:00 - 20:00	0,3/12	гроза, злива
20.06.2012	08:00 - 14:00	5/6	гроза, злива
26.06.2012	14:00 - 20:00	2/12	гроза, зливовий дощ
30.06.2012	17:00 - 20:00	-	гроза
06.07.2012	23:00	-	гроза
07.07.2012	20:00	-	гроза
12.07.2012	20:00	2/12	гроза, злива
13.07.2012	14:00	2/6	гроза, злива
16.07.2012	23:00	-	гроза
17.07.2012	02:00 - 08:00	5/12	гроза, зливовий дощ
17.07.2012	14:00 - 20:00	5/12	гроза, злива
18.07.2012	14:00	сліди опадів	гроза
20.07.2012	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
22.07.2012	02:00 - 14:00	5/12	гроза, злива
02.08.2012	14:00 - 20:00	3/12	гроза, злива
03.08.2012	14:00 - 20:00	-	гроза
05.08.2012	20:00 - 23:00	1/12	гроза, дощ
06.08.2012	02:00	сліди опадів	гроза

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
06.08.2012	17:00 - 20:00	-	гроза
08.08.2012	14:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
09.08.2012	02:00	-	гроза
09.08.2012	11:00 - 14:00	-	гроза
12.08.2012	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
13.08.2012	14:00 - 20:00	5/12	гроза, зливовий дощ
17.08.2012	02:00 - 8:00	2/12	гроза, злива
17.08.2012	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
23.08.2012	11:00 - 14:00	0,9/6	гроза, зливовий дощ
25.08.2012	17:00 - 20:00	13/12	гроза, злива
26.08.2012	05:00 - 08:00	2/12	гроза
27.08.2012	14:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
28.08.2012	02:00	-	гроза
28.08.2012	14:00 - 20:00	10/12	гроза, злива
05.10.2012	20:00	10/12	гроза, злива
30.10.2012	17:00 - 20:00	17/12	гроза, злива
Всього за 2012 р		50	
06.04.2013	20:00 - 23:00	3/12	гроза, злива
07.04.2013	02:00	2/6	гроза, злива
14.05.2013	11:00 - 14:00	-	гроза
15.05.2013	17:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
16.05.2013	02:00	сліди опадів	гроза
16.05.2013	17:00 - 20:00	21/12	гроза, злива, град ø 11 мм
17.05.2013	17:00 - 20:00	1/12	гроза, злива
18.05.2013	17:00 - 20:00	0,4/12	гроза, зливовий дощ
19.05.2013	17:00 - 20:00	1/12	гроза, зливовий дощ
20.05.2013	17:00 - 23:00	3/12	гроза, злива
21.05.2013	02:00	-	гроза
21.05.2013	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
22.05.2013	02:00	сліди опадів	гроза
22.05.2013	17:00 - 23:00	-	гроза, злива
23.05.2013	02:00	сліди опадів	гроза
25.05.2013	17:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
26.05.2013	02:00	-	гроза
27.05.2013	14:00 - 23:00	6/12	гроза, злива
28.05.2013	02:00	0,6/6	гроза, дощ
29.05.2013	14:00 - 20:00	8/12	гроза, злива
05.06.2013	17:00 - 20:00	-	гроза
06.06.2013	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
08.06.2013	20:00 - 23:00	0,3/12	гроза, злива
09.06.2013	02:00	1/6	гроза, злива
10.06.2013	14:00 - 20:00	0,6/12	гроза, злива
11.06.2013	14:00	сліди опадів	гроза

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
12.06.2013	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
13.06.2013	17:00 - 23:00	-	гроза
14.06.2013	02:00	12/6	гроза, злива
14.06.2013	20:00	сліди опадів	гроза
17.06.2013	20:00 - 23:00	-	гроза
18.06.2013	02:00	-	гроза
26.06.2013	14:00 - 20:00	21/6	гроза, злива
27.06.2013	17:00 - 20:00	2/12	гроза, злива
28.06.2013	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
29.06.2013	05:00 - 20:00	0,3/12	гроза, злива
01.07.2013	20:00 - 23:00	-	гроза
02.07.2013	02:00	-	гроза
02.07.2013	14:00 - 20:00	29/6	гроза, злива
05.07.2013	14:00 - 20:00	0,4/12	гроза, злива
08.07.2013	14:00 - 20:00	-	гроза
13.07.2013	17:00 - 23:00	5/12	гроза, злива
14.07.2013	02:00	2/6	гроза, злива
14.07.2013	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
15.07.2013	02:00 - 08:00	6/12	гроза, злива
15.07.2013	14:00	сліди опадів	гроза
20.07.2013	14:00 - 20:00	8/12	гроза, злива
03.08.2013	14:00 - 20:00	12/6	гроза, злива
05.08.2013	14:00 - 20:00	0,7/12	гроза, зливовий дощ
30.08.2013	17:00 - 23:00	2/12	гроза, злива
31.08.2013	02:00	2/6	гроза, злива
14.09.2013	23:00	-	гроза
15.09.2013	02:00	10/6	гроза, злива
15.09.2013	14:00 - 20:00	4/12	гроза, зливовий дощ
Всього за 2013 р.	54		
09.04.2014	20:00	8/12	гроза, злива
23.04.2014	11:00 - 23:00	2/12	гроза, злива
24.04.2014	02:00	-	гроза
02.05.2014	14:00 - 20:00	0,9/6	гроза, злива
04.05.2014	20:00 - 23:00	-	гроза
05.05.2014	02:00	12/6	гроза, злива
10.05.2014	20:00 - 23:00	2/12	гроза, злива
11.05.2014	02:00	сліди опадів	гроза
17.05.2014	20:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
18.05.2014	02:00	-	гроза
19.05.2014	20:00	-	гроза
20.05.2014	02:00	-	гроза
24.05.2014	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
26.05.2014	17:00 - 20:00	1/12	гроза, злива
27.05.2014	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
28.05.2014	17:00 - 23:00	сліди опадів	гроза
29.05.2014	02:00	-	гроза
29.05.2014	17:00 - 20:00	2/12	гроза, злива
30.05.2014	14:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
31.05.2014	08:00 - 23:00	3/12, 16/12	гроза, злива
01.06.2014	02:00	9/6	гроза, злива
01.06.2014	08:00 - 20:00	10/6, 9/12	гроза, злива
02.06.2014	02:00 - 8:00	24/12	гроза, злива
06.06.2014	17:00 - 20:00	0,6/12	гроза, злива
08.06.2014	14:00 - 20:00	-	гроза
10.06.2014	14:00	1/6	гроза, злива
13.06.2014	14:00 - 20:00	5/6	гроза, злива
14.06.2014	14:00	сліди опадів	гроза
15.06.2014	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
16.06.2014	14:00 - 20:00	2/6	гроза, злива
22.06.2014	20:00	1/12	гроза, злива
23.06.2014	14:00 - 20:00	0,8/12	гроза, злива
24.06.2014	23:00	-	гроза
25.06.2014	02:00	1/6	гроза, злива
27.06.2014	02:00 - 08:00	12/12 (11/6)	гроза, злива
12.07.2014	14:00 - 23:00	0,5/6	гроза, злива
13.07.2014	02:00 - 8:00	сліди опадів	гроза
13.07.2014	23:00	-	гроза
14.07.2014	02:00	сліди опадів	гроза
18.07.2014	17:00 - 20:00	сліди опадів	гроза
21.07.2014	17:00 - 20:00	5/12	гроза, злива
22.07.2014	02:00 - 08:00	21/12 (20/6)	гроза, злива
30.07.2014	20:00	-	гроза
07.08.2014	14:00 - 20:00	4/12	гроза, злива
11.08.2014	05:00 - 14:00	9/12, 2/6	гроза, злива
11.08.2014	20:00 - 23:00	-	гроза
12.08.2014	02:00	0,7/6	гроза, зливовий дощ
16.08.2014	08:00 - 14:00	0,9/12	гроза, злива
18.08.2014	14:00	сліди опадів	гроза
27.08.2014	23:00	-	гроза, слабкий дощ
28.08.2014	02:00	10/6	гроза, зливовий дощ
Всього за 2014 р.		51	
29.04.2015	21:00	-	гроза
30.04.2015	15:00	2/6	гроза, злива
02.05.2015	18:00 - 21:00	сліди опадів	гроза
14.05.2015	15:00 - 21:00	5/12	гроза, злива
27.05.2015	03:00 - 09:00	-	гроза
27.05.2015	21:00	-	гроза
28.05.0015	00:00 - 03:00	-	гроза

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
29.05.2015	00:00 - 03:00	5/6	гроза, злива
01.06.2015	18:00 - 21:00	4/12	гроза, злива
05.06.2015	00:00 - 03:00	0,7/6	гроза, злива
17.06.2015	18:00 - 21:00	16/12	гроза, злива
18.06.2015	00:00 - 03:00	1/6	гроза, злива
19.06.2015	18:00 - 21:00	5/12	гроза, злива
20.06.2015	18:00 - 21:00	0,8/12	гроза, злива
21.06.2015	00:00 - 03:00	-	гроза
22.06.2015	18:00 - 21:00	-	гроза
26.06.2015	00:00 - 03:00	15/6	гроза, злива
26.06.2015	18:00 - 21:00	13/12	гроза, злива
29.06.2015	18:00 - 21:00	0,4/12	гроза, зливовий дощ
02.07.2015	15:00 - 21:00	0,3/12	гроза, зливовий дощ
06.07.2015	18:00 - 21:00	8/12	гроза, злива
07.07.2015	21:00	сліди опадів	гроза
15.07.2015	12:00 - 21:00	13/12	гроза, злива
16.07.2015	18:00 - 21:00	1/12	гроза, злива
18.07.2015	06:00 - 09:00	5/12	гроза, злива
20.07.2015	21:00	4/12	гроза, злива
21.07.2015	00:00 - 03:00	14/6	гроза, злива
27.07.2015	18:00 - 21:00	0,6/12	гроза, злива
28.07.2015	00:00 - 03:00	0,3/6	гроза, злива
28.07.2015	09:00 - 21:00	16/12, 30/12	гроза, злива
31.07.2015	00:00 - 03:00	4/6	гроза, злива
15.08.2015	15:00 - 18:00	сліди опадів	гроза
02.09.2015	09:00	сліди опадів	гроза
Всього за 2015 р.	33		
14.04.2016	21:00	-	гроза
29.04.2016	15:00 - 21:00	0,4/12	гроза, злива
07.05.2016	15:00	1/6	гроза, злива
07.05.2016	18:00 - 21:00	1/12	гроза, злива
08.05.2016	15:00	сліди опадів	гроза, злива
08.05.2016	18:00 - 21:00	1/12	гроза, злива
09.05.2016	15:00 - 21:00	5/12	гроза, злива
10.05.2016	21:00	1/12	гроза, злива
11.05.2016	00:00 - 21:00	1/12	гроза, злива
14.05.2016	15:00	16/6	гроза, злива
17.05.2016	18:00 - 21:00	0,8/12	гроза, злива
18.05.2016	00:00 - 03:00	3/6	гроза, злива
19.05.2016	18:00 - 21:00	3/12	гроза, злива
20.05.2016	18:00 - 21:00	6/12	гроза, злива
22.05.2016	21:00	2/12	гроза, злива
23.05.2016	15:00 - 21:00	0,4/12	гроза, злива
29.05.2016	09:00 - 21:00	42/12	гроза, злива

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
30.05.2016	00:00 - 09:00	8/12	гроза, злива
30.05.2016	09:00 - 21:00	6/12	гроза, злива
31.05.2016	00:00 - 03:00	-	гроза
06.06.2016	09:00	3/12	гроза, злива
14.06.2016	03:00	27/6	гроза, злива
15.06.2016	09:00	0,4/12	гроза, злива
15.06.2016	09:00 - 21:00	0,3/12	гроза, злива
16.06.2016	03:00	1/6	гроза, злива
16.06.2016	09:00 - 21:00	0,6/12	гроза, злива
28.06.2016	09:00 - 21:00	7/12	гроза, злива
29.06.2016	00:00 - 21:00	2/12	гроза, злива
30.06.2016	03:00	2/6	гроза, злива
30.06.2016	21:00	5/12	гроза, злива
01.07.2016	03:00	29/6	гроза, злива
18.07.2016	21:00	4/12	гроза, злива
19.07.2016	09:00	17/12	гроза, злива
19.07.2016	09:00 - 21:00	22/12	гроза, злива
29.07.2016	09:00 - 21:00	0,4/12	гроза, злива
30.07.2016	18:00 - 21:00	сліди опадів	гроза, злива
31.07.2016	09:00 - 15:00	-	гроза
01.08.2016	00:00 - 03:00	-	гроза
02.08.2016	21:00	-	гроза
03.08.2016	00:00 - 09:00	4 мм/12	гроза, злива
03.08.2016	09:00 - 21:00	1 мм/12	гроза, злива
04.08.2016	00:00	0,3 мм/6	гроза, злива
04.08.2016	03:00	-	гроза
07.08.2016	15:00 - 21:00	-	гроза
10.08.2016	03:00 - 21:00	-	гроза
11.08.2016	00:00 - 03:00	сліди опадів	гроза, дощ
12.08.2016	00:00 - 09:00	0,9/12	гроза, злива
12.08.2016	09:00 - 21:00	0,9/12	гроза, злива
13.08.2016	00:00	2/12 г	гроза, злива
13.08.2016	09:00	0,8/12	гроза, злива
17.08.2016	21:00	8/12	гроза, злива
18.08.2016	09:00	2/12	гроза, злива
24.08.2016	21:00	5/12	гроза, злива
31.08.2016	00:00 - 03:00	-	гроза
05.10.2016	00:00	0,6/12	гроза, злива
06.10.2016	00:00 - 09:00	14 /12	гроза, злива
09.10.2016	03:00	7/6	гроза, злива
09.10.2016	09:00	15/12	гроза, злива
Всього за 2016 р.		58	

Продовження табл.Б.1

1	2	3	4
30.05.2017	18:00	-	гроза
08.06.2017	15:00	-	гроза
08.06.2017	21:00	3/12	гроза, дощ
13.06.2017	15:00	сліди опадів	гроза, дощ
27.06.2017	00:00	-	гроза
27.06.2017	21:00	2/12	гроза, дощ
14.07.2017	12:00-15:00	6/6	гроза, злива
15.07.2017	00:00	-	гроза
22.07.2017	21:00	сліди опадів	гроза
27.07.2017	00:00	-	гроза
27.07.2017	21:00	сліди опадів	гроза
28.07.2017	00:00	7/6	гроза, злива
29.07.2017	03:00	0,3/6	гроза, дощ
29.07.2017	15:00	3/6	гроза, злива
08.08.2017	06:00-09:00	-	гроза
22.08.2017	18:00-21:00	4 /12	гроза, злива
28.08.2017	09:00-15:00	4/12	гроза, злива
05.09.2017	06:00-09:00	0,3/12	гроза, дощ
14.09.2017	00:00-03:00	0,3/6	гроза, злива
Всього за 2017 р.		19	

Додаток В

Синоптичні карти погоди

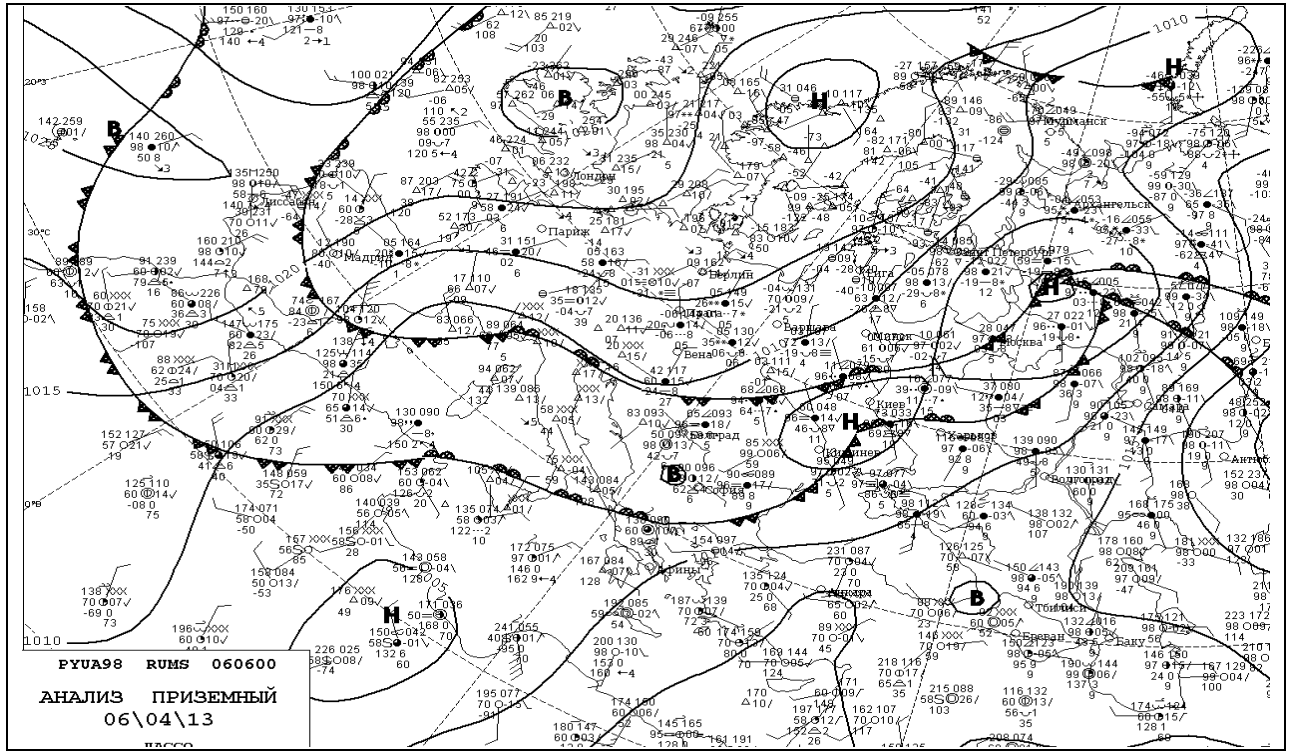


Рис. В.1. Приземна карта 06.04.2013 р., 06 ВСЧ

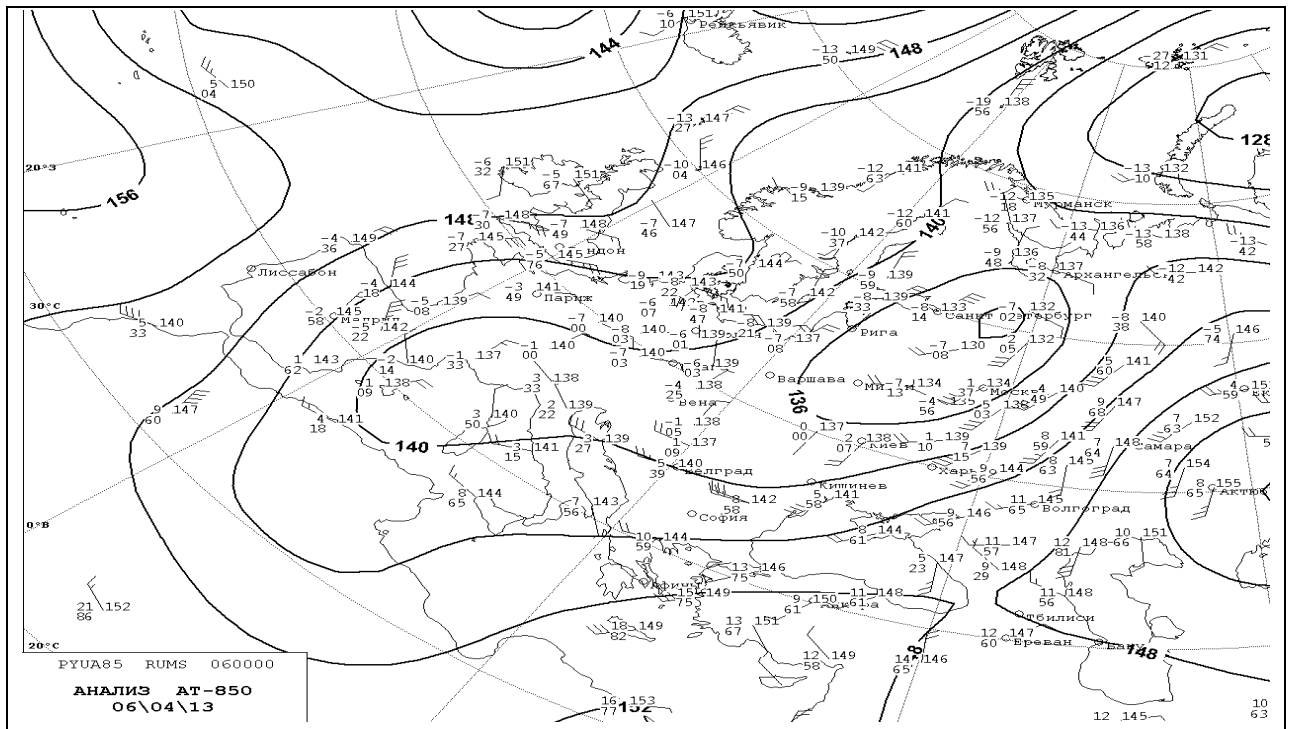


Рис. В.2. Карта АТ-850 06.04.2013 р., 00 ВСЧ

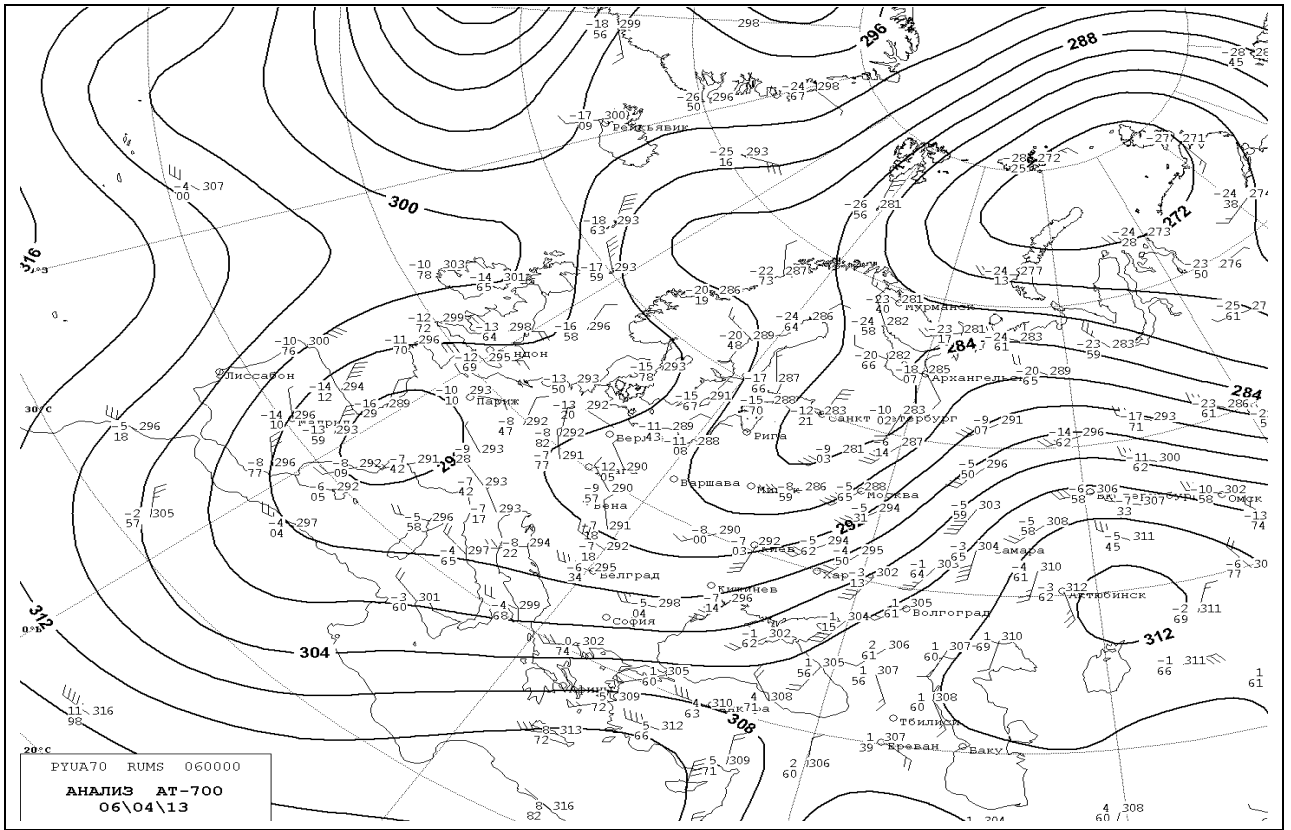


Рис. В.3. Карта АТ-700 06.04.2013 р., 00 ВСЧ

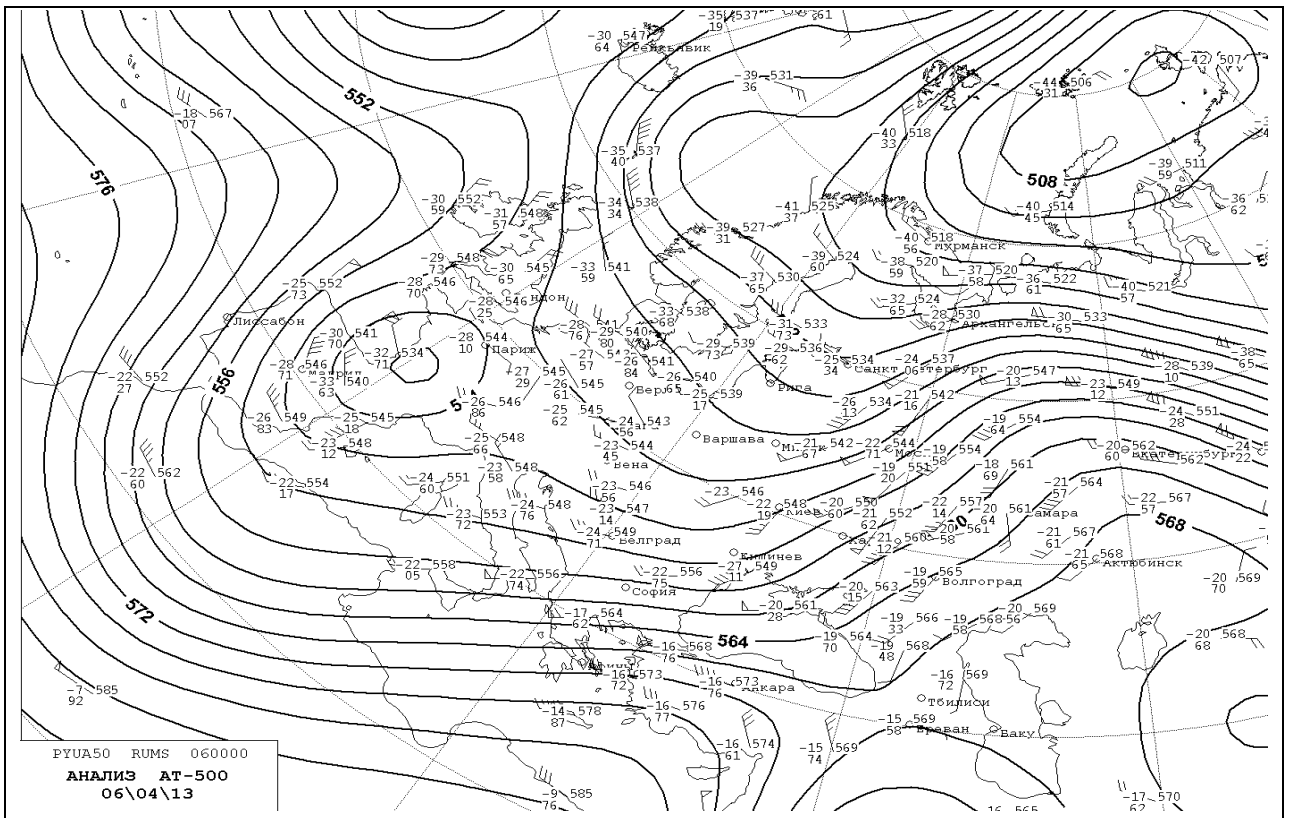


Рис. В.4. Карта АТ-500 06.04.2013 р., 00 ВСЧ

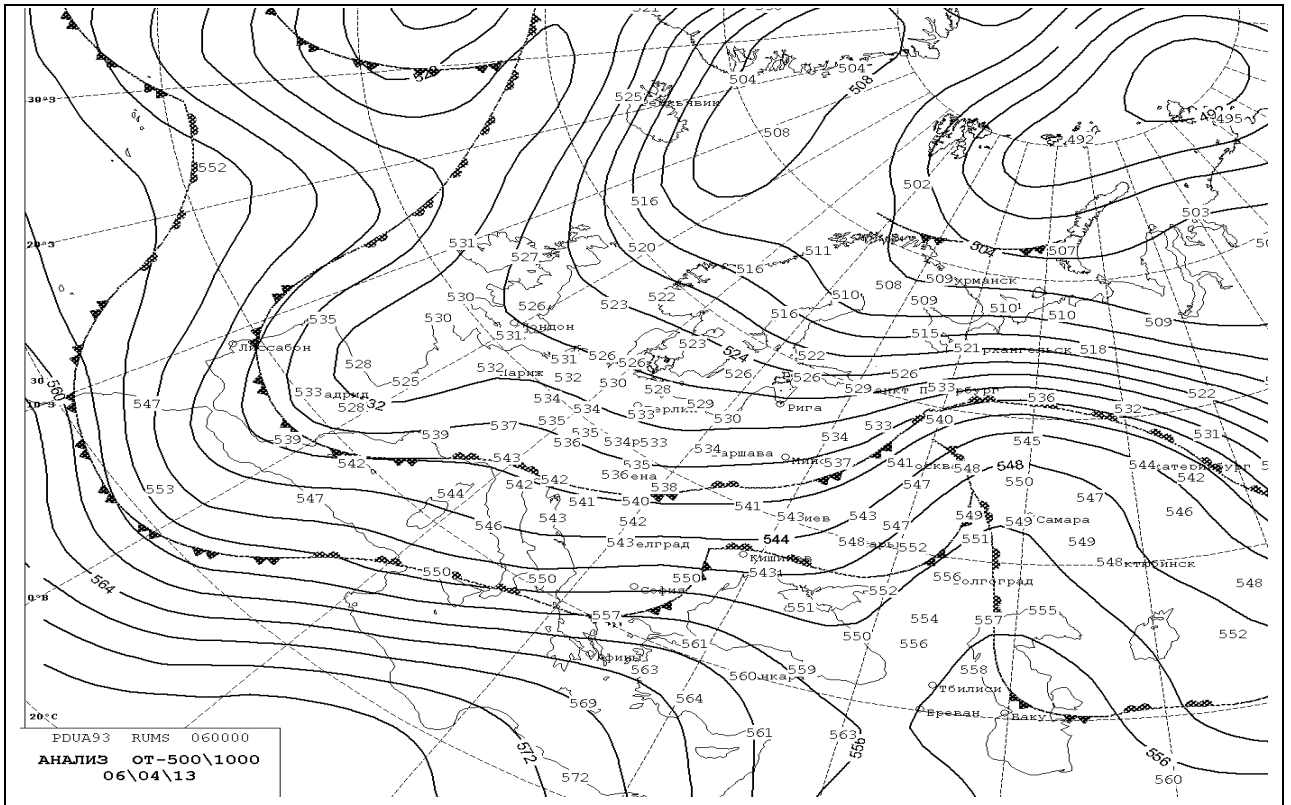


Рис. В.5. Карта ВТ-500/1000 06.04.2013 р., 00 ВСЧ

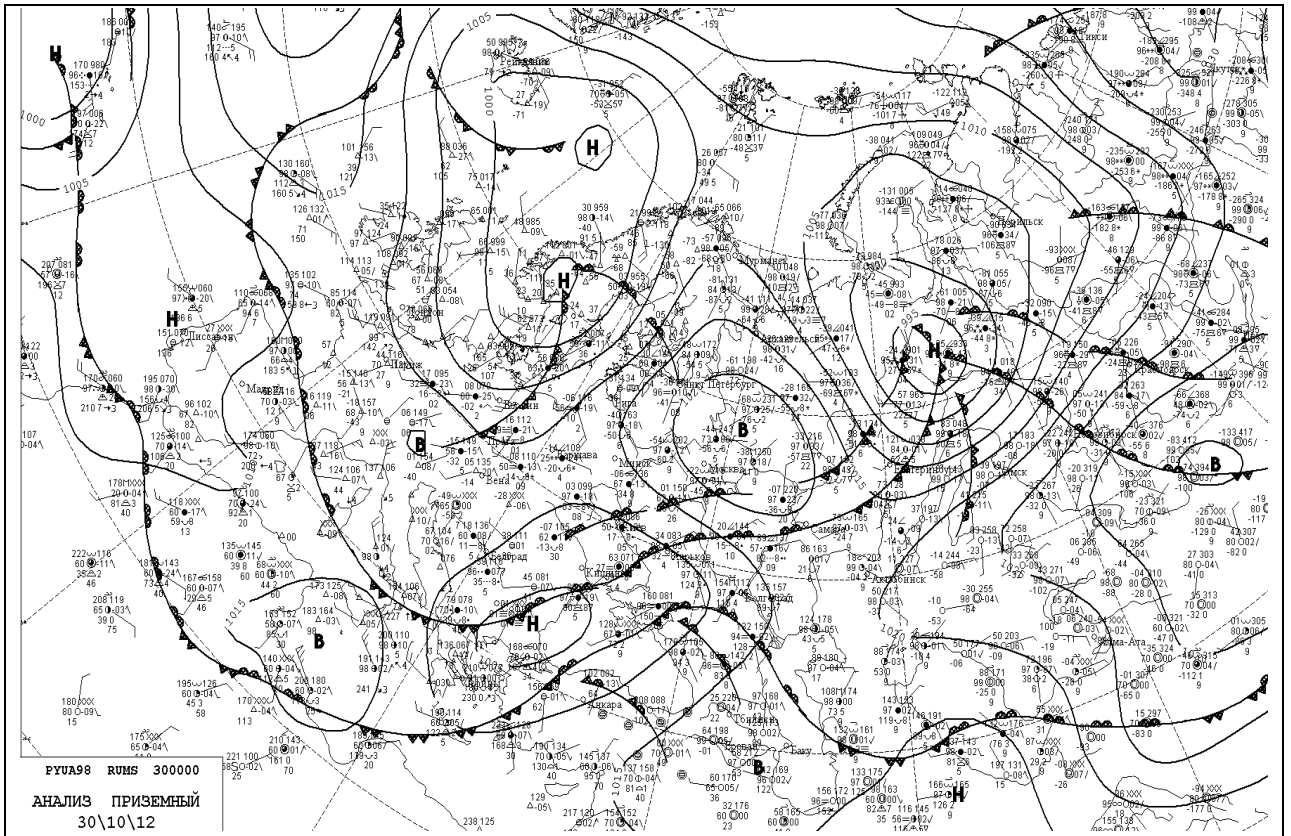


Рис. В.6. Приземна карта 30.10.2012 р., 00 ВСЧ

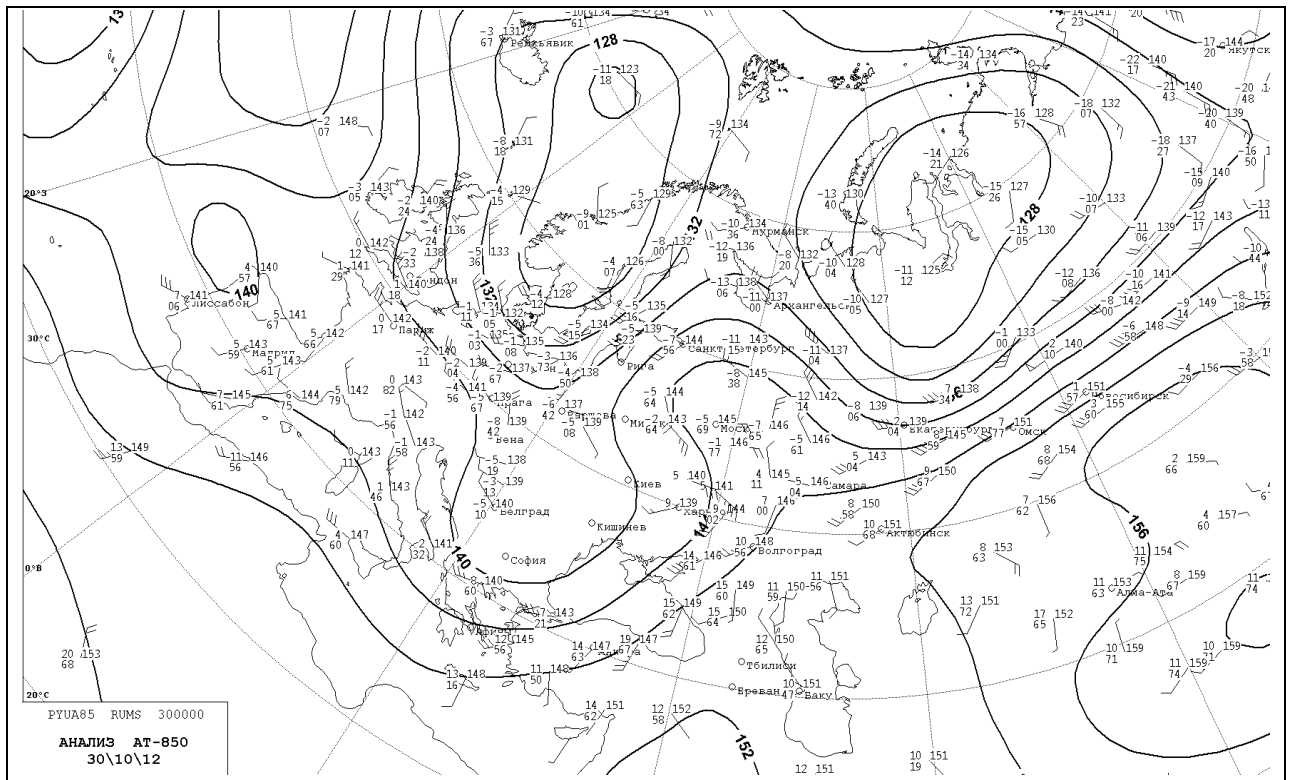


Рис. В.7. Карта АТ-850 30.10.2012 р., 00 ВСЧ

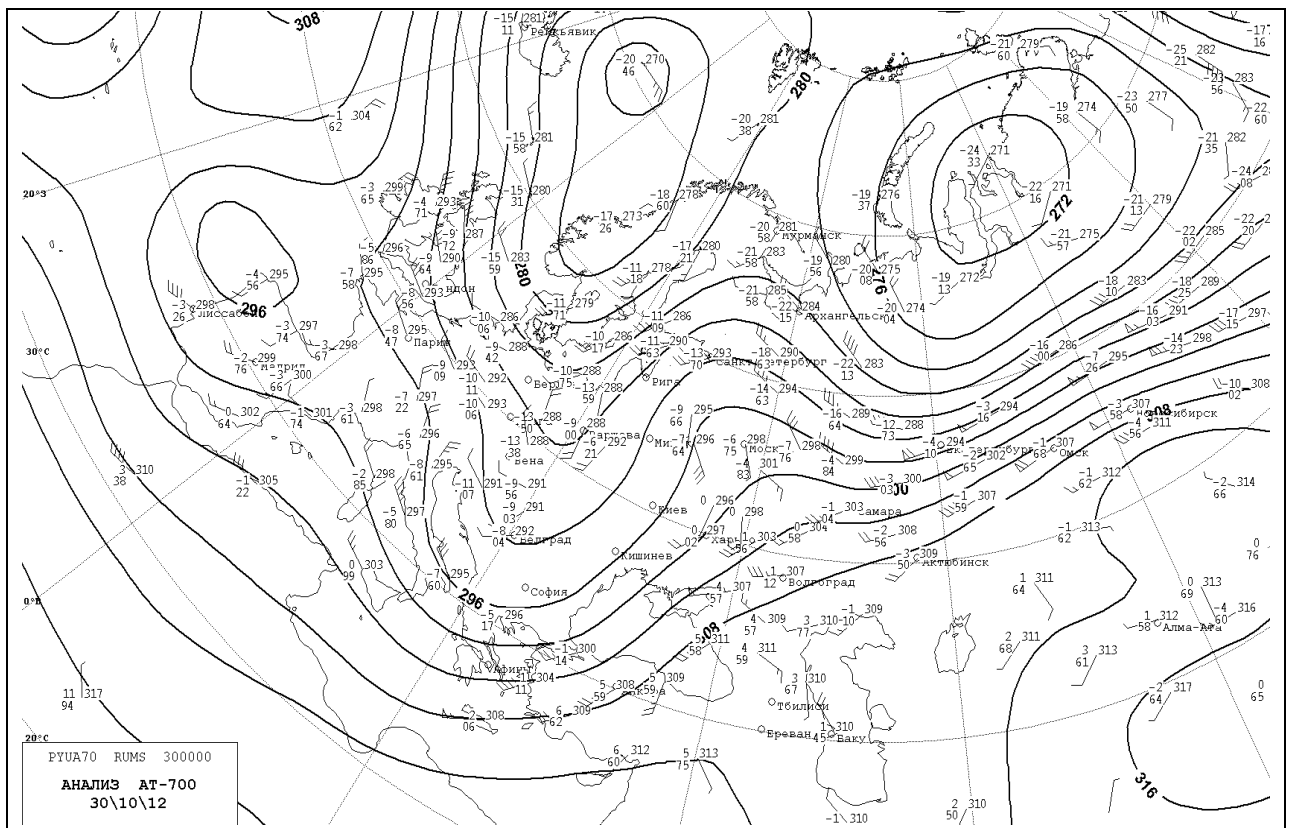


Рис. В.8. Карта АТ-700 30.10.2012 р., 00 ВСЧ

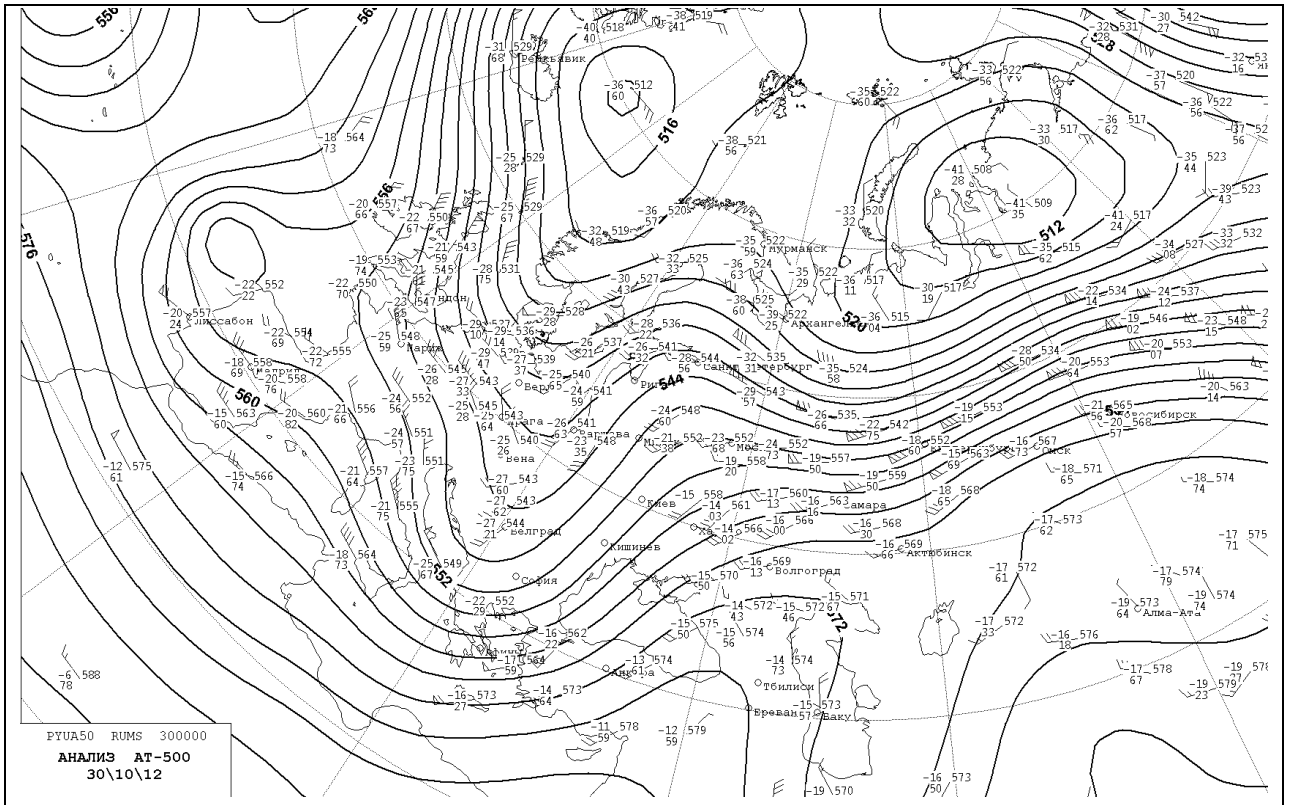


Рис. В.9. Карта АТ-500 30.10.2012 р., 00 ВСЧ

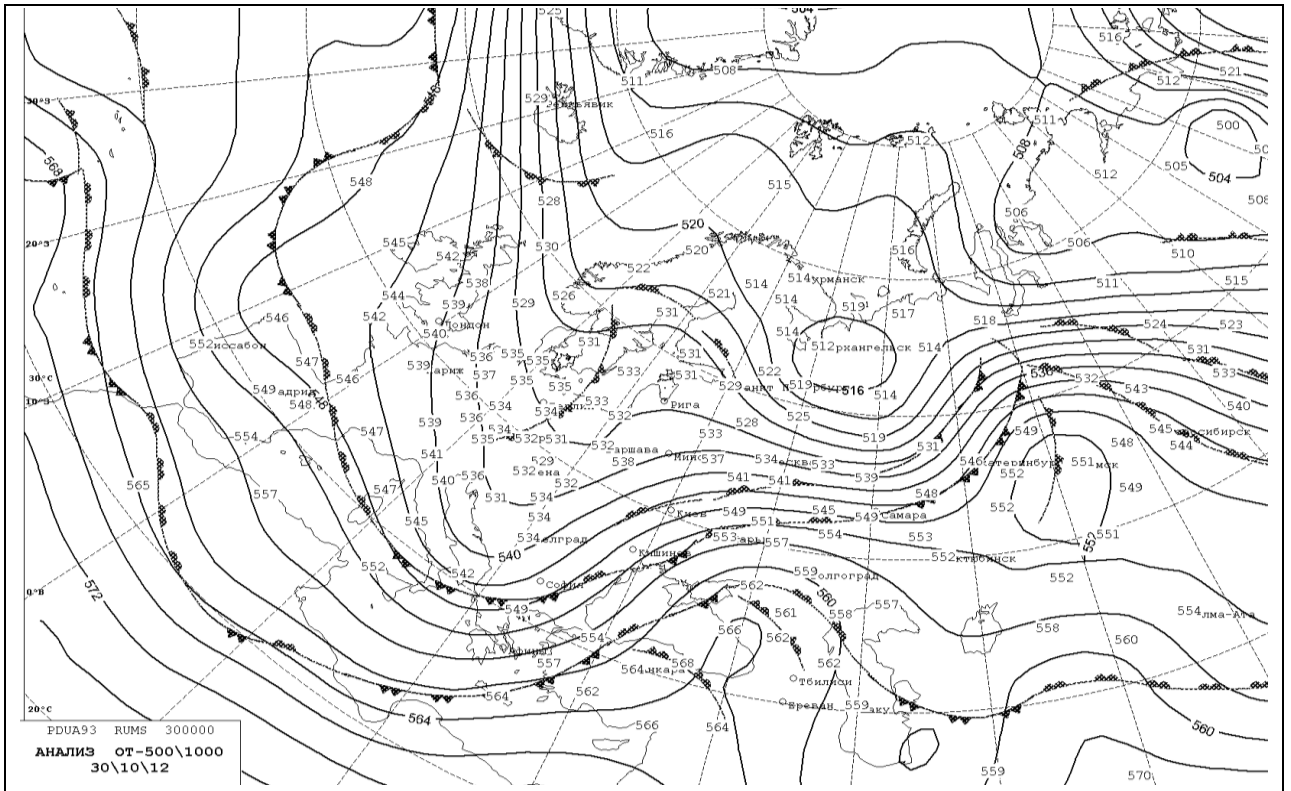


Рис. В.10. Карта ВТ-500/1000 30.10.2012 р., 00 ВСЧ