

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Конвективні явища над Молдовою

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-2м
спеціальності 103 - «Науки про Землю»
Звягінцева Олена Анатоліївна

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

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

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»
(шифр і назва)
Освітня програма Метеорологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Івус. Г.П

“29” жовтня 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Звягінцевої Олені Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Конвективні явища над Молдовою*
керівник роботи *к.геогр.н., доцент Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти №271 «С» від 5 жовтня 2018 р.
2. Строк подання студентом роботи *10 грудня 2018 року*
3. Вихідні дані до роботи *1. European Severe Weather Database (Європейська база даних про небезпечну погоду). 2. Синоптичні карти з архіву пакету АРМСин 3.0. 3. Архів даних з гр5. 3. Супутникові знімки. 4. Дані моделі GFS з просторовим кроком 0,5° меридіану.*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *1. Огляд літературних джерел за темою дослідження. 2. Характеристика виникнення смерчів над Молдовою. 3. Повторюваність смерчів над Молдовою у 2000-2018 рр. 4. Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Молдовою. 5. Визначення синоптичних умов виникнення гроз над Кишиневом у 2013-2017 рр. 6. Аналіз температурно-вітрового режиму над Кишиневом на початку грози у 2013-2017 рр..*
5. *Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 1.1-1.7 – карти Молдови і географічне розташування та фотознімки пунктів дослідження. Рис. 2.1-2.3 – повторюваність та синоптичні умови смерчів над Молдовою. Рис. 3.1-3.9 – Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Молдовою. Рис. 3.10-3.17 - метеорологічні і синоптичні умови виникнення гроз над Кишиневом у 2013-2018 рр. Рис. 4.1-4.8 – синоптичні матеріали та карти розрахунків індексів конвекції.*

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Вивчення літературних джерел за темою дослідження</i>	з 29 жовтня 2018 р.	95	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	листопад 2018 р.	95	відмінно
3.	<i>Визначення особливостей річного та добового ходу виникнення гроз та смерчів над Молдовою</i>	листопад 2018 р.	95	відмінно
4.	<i>Систематизація синоптичних умов напередодні грозової діяльності та смерчів</i>	листопад 2018 р.	95	відмінно
5.	<i>Аналіз основних індексів конвекції напередодні грози.</i>	листопад 2018 р.	95	відмінно
6.	Рубіжна атестація	19 – 24.11.2018	95	відмінно
7.	<i>Розрахунок індексів конвекції 22 червня 2018 р.</i>	грудень 2018 р.	95	відмінно
8.	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку</i>	5 грудня 2018 р.	95	відмінно
9.	<i>Оформлення магістерської роботи.</i>	10 грудня 2018 р.	95	відмінно
10.	<i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.</i>	грудень 2018 р.	95	відмінно
11.	<i>Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2018 р.	95	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	відмінно

Студент

_____ Звягінцева О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

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

АНОТАЦІЯ

Тема: «Конвективні явища над Молдовою»

Автор: Звягінцева Олена Анатоліївна

Актуальність - одними з найнебезпечніших стихійних гідрометеорологічних явищ для суспільства є різноманітні конвективні явища, тобто зливи, грози, град, шквали та смерчі. Вони суттєво впливають на життя, здоров'я і господарську активність людини, тому вивчення сучасного режиму та умов утворення, а також підвищення якості прогнозування гроз визначає актуальність цього дослідження.

Метою дослідження є визначення географічного та сезонного розподілу гроз та смерчів над Молдовою з 2001 по 2018 рр. та систематизація синоптичних процесів напередодні їх виникнення.

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

- просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Молдовою;
- повторюваність та синоптичні умови виникнення смерчів над Молдовою у 2000-2018 рр.;
- вітровий режим над Кишиневом на початку грози у 2013-2017 рр.;
- визначення сприятливих до грозоутворення синоптичних умов.

Об'єкт дослідження – грози, смерч

Предмет дослідження – визначення сучасного режиму та синоптичних умов виникнення гроз та смерчів над Молдовою

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичних аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території Молдови:

- визначений сучасний режим виникнення гроз та смерчів над в залежності від сезону, часу доби та географічного фактору;
- встановлений комплекс циркуляційних та термодинамічних умов утворення небезпечних конвективних явищ.

Практичне значення отриманих результатів. Врахування результатів розрахунків індексів конвекції можна використовувати для вдосконалення прогнозу грози.

Магістерська робота в обсязі 61 сторінки складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 21 джерела, містить 33 рисунки та 11 таблиць.

Ключові слова: гроза, смерч, термічна нестійкість, фронтальний розділ, індекси конвекції.

SUMMARY

Theme: "Convective phenomena over Moldova"

Author: Zveaghinteva Elena

Actuality - one of the most dangerous hydrometeorological phenomena for a society's life is a different convective phenomena - showers, thunderstorms, hailstones, squalls, and tornadoes. They significantly affect the life, health and economic activity of a person, therefore studying the modern regime and conditions of occurrence, as well as improving the quality of prediction of thunderstorms determines the relevance of this study.

The purpose is the definition of the geographical and seasonal distribution of thunderstorms and tornado over Moldova from 2001 to 2018 and the systematization of synoptic processes on the eve of their occurrence.

In accordance with the set goal, the following **tasks** were solved:

- spatial-temporal distribution of thunderstorm activity over Moldova;
- frequency and synoptic conditions for the emergence of tornadoes over Moldova in 2000-2018;
- wind regime over Chisinau at the beginning of a thunderstorm in 2013-2017;
- determination of favorable synoptic conditions for the formation of thunderstorms.

The object of the study – thunderstorm, tornado

Subject of research - a definition of the modern regime and the synoptic conditions for the emergence of thunderstorms and tornadoes over Moldova

Methods of research - space-time generalization of meteorological information, synoptic analysis.

Scientific novelty of the obtained results.

In this work for *the first time* for the territory of Moldova:

- determined the current mode of the occurrence of thunderstorms and tornadoes in depending of the season, time of day and geographic factor;
- defined the complex of circulating and thermodynamic conditions for the formation of dangerous convective phenomena.

The practical value of the results. Applying the results of calculations of convection indices can be used to improve the forecast of thunderstorms.

Master's work in the volume of 61 pages consists of 4 sections, conclusions, a list of references from 21 sources, contains 24 figures and 16 tables.

Keywords: *thunderstorm, tornado, thermal instability, frontal section, convection indices.*

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Фізико-географічні та кліматичні умови Молдови.....	8
1.1 Короткий опис клімату Молдови.....	8
1.2 Характеристика пунктів дослідження.....	10
2 Виникнення смерчів над Молдовою	18
2.1 Повторюваність смерчів над Молдовою у 2000-2018 рр.....	18
2.2 Синоптичні умови виникнення смерчів.....	21
3 Грозова діяльність над Молдовою.....	24
3.1 Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Молдовою.....	24
3.2 Характеристика напрямку та швидкості вітру на початку грози над Кишиневом у 2013-2018 рр.....	34
3.3 Синоптичні умови утворення гроз над Кишиневом у 2013-2018 рр.....	36
4 Термодинамічні умови утворення гроз.....	41
4.1 Індекси нестійкості атмосфери.....	41
4.2 Аналіз індексів нестійкості напередодні гроз над Молдовою у тепле півріччя 2017-2018 рр.....	47
4.3 Умови утворення грози над Кишиневом 22 червня 2018 р.....	51
Висновки.....	57
Перелік посилань.....	58
Додаток А.....	60

ВСТУП

Висока густина населених пунктів та агропромислових об'єктів на території Молдови, інтенсивність повітряних перевезень у міжнародному аеропорту Кишинів та будівництво висотних споруд вимагає підвищення уваги до попередження руйнівних наслідків стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ).

Одними з найнебезпечніших СГЯ для життєдіяльності суспільства є різноманітні конвективні явища, тобто зливи, грози, град, шквали та смерчі, які впливають на життя і господарську активність людини.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є виявлення сучасних тенденцій режиму небезпечних конвективних явищ (грози та смерчі) над Молдовою за даними метеорологічних спостережень станцій: Кишинів та Бельці з 2005 по 2017 рр., Брічень, Штефан-Воде та Кагул з 2010 по 2017рр.

Об'єкт дослідження – гроза, смерч.

Предмет дослідження – визначення сучасного режиму та синоптичних умов виникнення гроз та смерчів над Молдовою

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення метеорологічної інформації, синоптичних аналіз.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, додатку, висновків та переліку посилань.

У вступі формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ складається з характеристики географічних і кліматичних умов Молдови та характеристики фізико-географічних особливостей пунктів дослідження.

Другий розділ присвячений виникненню смерчів над Молдовою, їх повторюваності та синоптичним умовам напередодні утворення вихорів.

В третьому розділі представлений просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Молдовою, синоптичні та метеорологічні умови виникнення гроз над Кишиневом

У четвертому розділі проведений аналіз розрахунків основний індексів конвекції напередодні грози над Кишиневом у тепле півріччя 2017 і 2018 рр., та визначені умови виникнення грози у Кишиневі 22 червня 2018 р.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 21 літературного джерела.

Робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках науково-дослідної роботи «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532).

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА КЛІМАТИЧНІ УМОВИ МОЛДОВИ

1.1 Короткий опис клімату Молдови

Молдова розташована на південному сході Європи між 26 і 30 °сх.д. і 45-48 °пн.ш. На півночі, сході й півдні межує з Україною, на заході — з Румунією. Площа країни — 33 843 км² (136 місце у світі). Найбільша довжина території з півночі на південь — 350 км, а із заходу на схід — 150 км, на півдні відстань між західним і східним кордоном скорочується до 20-50 км [13].

Рельєф Молдови - рівнина із численними пагорбами, розчленована балками та річками. Молдова займає південно-західну частину Східноєвропейської рівнини, західну околицю Причорноморської низовини, а на північному сході відроги Подільської височини (рис. 1.1). Середня висота 147 м, максимальна — до 430 м (гори Баланешти). В межах Молдови виділяються Молдовське плато, Північно-Молдовська, Південно-Молдовська та Нижньодністровська рівнина, Придністровська і Тігецька височини. Плато і рівнини Молдови мають м'яко хвилясту поверхню, густо розчленовану річковими долинами і балками. Височини видовжені в субмеридіональному напрямі, інтенсивно розчленовані.

Найбільш піднесена і розчленована частина Центральномолдавської височини - Кодри - займає 14,5 % площі Молдови. У межах Кодр вертикальне розчленування рельєфу становить 200-300 м.

Головні річки - Дністер (з притоками Старий Реут, Бик, Ботна та інші) і Прут (з притоками Чугур, Ларга, Кам'янка та інші). Багато заплавних озер. Водосховища.

Клімат Молдови є помірно континентальним, отже середні температури січня на півночі -5°C , на півдні -3°C , липня відповідно 19 і 22°C . Опадів від 400 мм на півдні до 560 мм на півночі на рік.

Атмосферна циркуляція характеризується переважанням західного переносу, що супроводжується припливом атлантичного повітря, виносом теплого і вологого повітря з Середземного моря, іноді спостерігаються вторгнення щодо холодних сухих повітряних мас з півночі або з районів Сибіру. Взимку і навесні переважає циклонічна циркуляція, влітку

повторюваність циклонічною і антициклонічною циркуляції майже однакова. Восени переважно наголошується антициклонічна циркуляція.

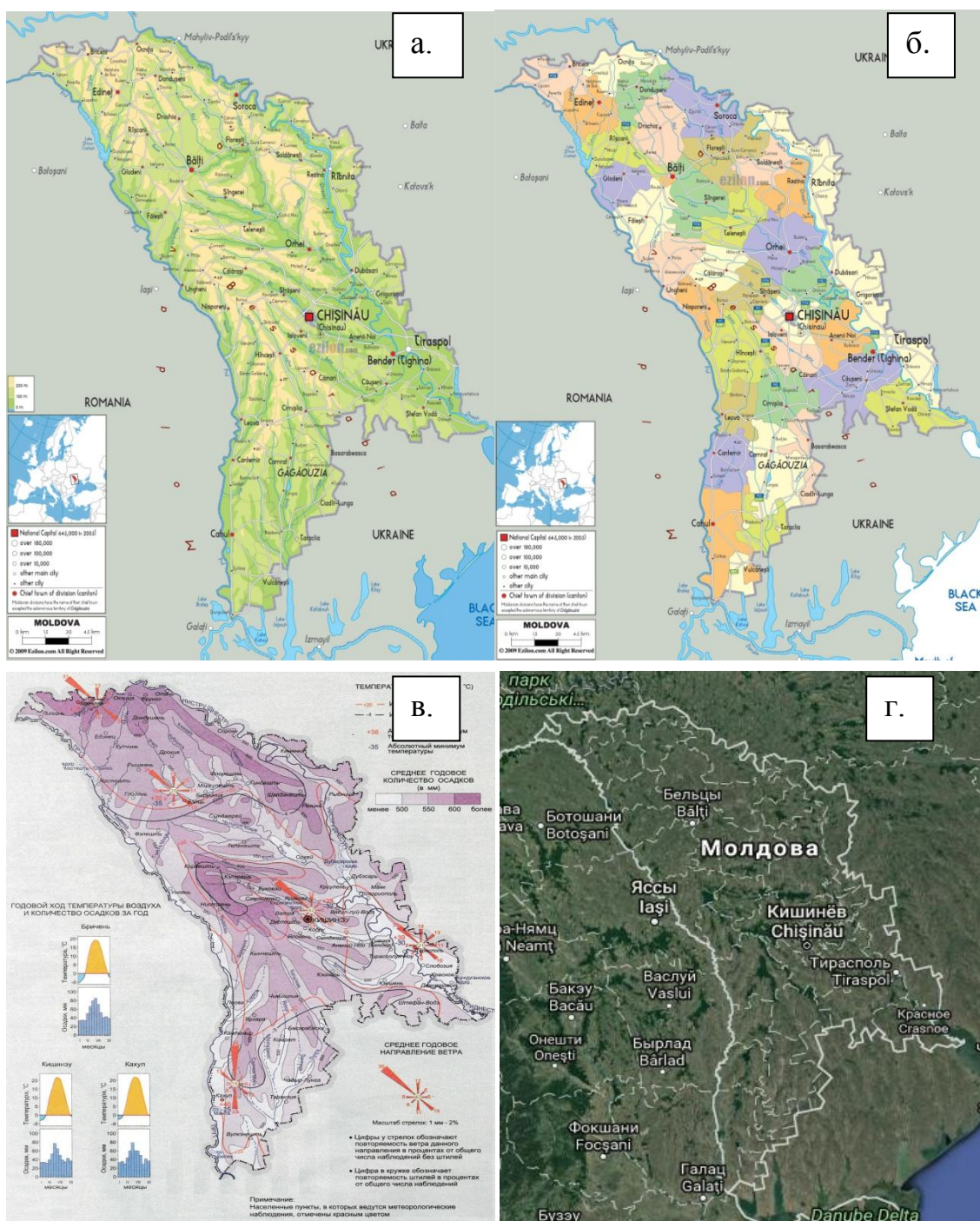


Рис. 1.1. Фізична (а), політично-адміністративна (б) карта, кліматична карта (в), супутникова карта Молдови [20]

Територія Молдови характеризується послабленням активності атмосферних процесів. На атмосферну циркуляцію великий вплив мають

басейни Середземного і Чорного морів. В холодне півріччя над Чорним морем формується чорноморська депресія. Низький тиск обумовлено місцевим циклогенезом (вплив гірських хребтів, термічного режиму моря і уповільненої зміщення циклонів з Середземного моря). Влітку Чорне море сприяє збільшення вологовмісту повітряних мас, що надходять з півдня на територію республіки.

Істотний вплив на клімат Молдови надають Карпати, які при західних потоках викликають феновий ефект, що проявляється у тому, що на підвітряного східній стороні відбувається розмивання хмарності.

Влітку переважає помірно тепла і волога погода, обумовлена перенесенням повітряних мас з Середземного моря або центральної Атлантики через Західну Європу. Спостерігаються і вторгнення більш холодних мас з північних районів Атлантики або північних морів. Така погода буває викликана пірнаючими циклонами з північно-заходу на південний-схід поблизу Молдови, а також формуванням в холодному повітрі стаціонарного антициклону. Влітку та восени на територію республіки надходить континентальний повітря помірних широт.

1.2 Характеристика пунктів дослідження

Для дослідження географічного розподілу гроз над Молдовою обрано п'ять метеорологічних станцій, які розташовані у центрі республіки (Кишинів), на півночі (Бельці та Брічень), на південному заході (Штефан Воде) та південному сході (Кагул) (рис. 1.2), тобто охоплена вся територія Молдови.

Столиця республіки Молдова (РМ) – місто Кишинів (рум. Chişinău — Кішінев) розташований в центральному районі країни на висоті 85 м над рівнем моря на Східноєвропейській рівнині. Місто стоїть на семи пагорбах і витягнуте вздовж річки Бик - правої притоки Дністра. Частина Кишинева по правому березі Бика займає надзаплавні тераси, розділені долиною струмка Дурлешті, і декількома балками (Мала Малина, Велика Малина та Мунчештська балка) [17].

Місто розташоване (рис. 1.3) на піднесеній лісистій місцевості Кодр. У ґрунті переважає чорнозем, який ідеально підходить для розвитку сільського

господарства. З корисних копалини поширений вапняк, багатий добре збереженими скам'янілостями. Глибше залягають крейдові піски і мергелі. У межах Кишинєва знаходиться Гідігіцьке водосховище і 23 озера.



Рис. 1.2. Розташування пунктів дослідження

Кишинів знаходиться в зоні з достатньо м'яким, помірно-континентальним кліматом з помірно жарким літом та помірно м'якою вітряною зимою. Протягом року нараховується близько 2215 сонячних годин, з них 329 годин в липні і лише 54 години в грудні. Середньорічна температура становить $9,6^{\circ}\text{C}$, а рівень опадів — 547 мм/м [3, 17].

Літо починається на початку травня. Середня температура становить $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$, а в центрі міста іноді досягає $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$. Дощі рідкісні, але ясні. Середня температура січня близько $-3,2^{\circ}\text{C}$, стовпчик термометра рідко опускається нижче позначки в -10°C . Навесні і восени температура коливається між $18\text{--}22^{\circ}\text{C}$, опади більш ясні ніж влітку. Температурний мінімум був встановлений 20 лютого 1954 ($-28,9^{\circ}\text{C}$), а максимум 19 липня 2007 ($39,4^{\circ}\text{C}$).

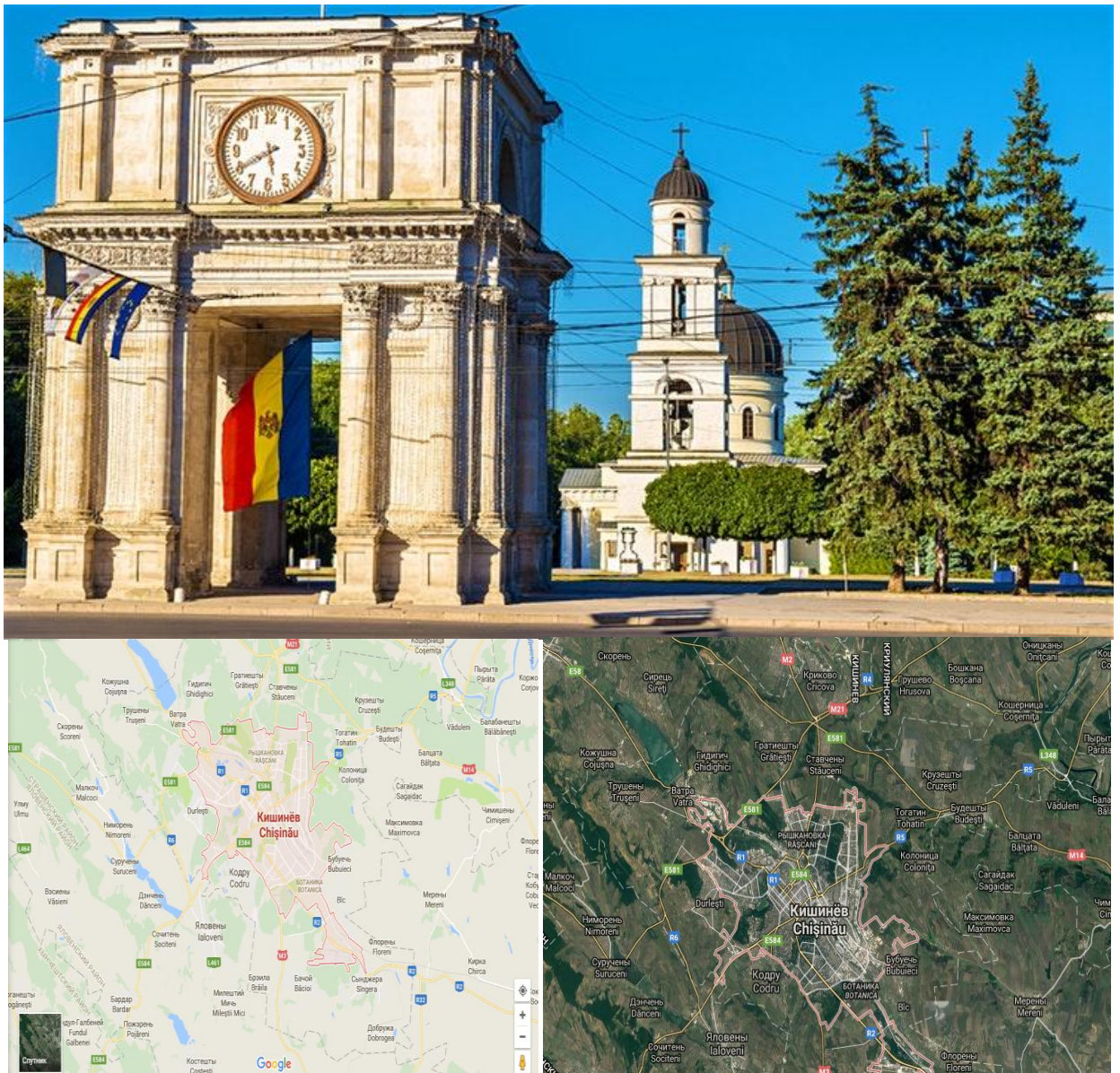


Рис. 1.3. Географічне положення та фотознімок м. Кишинів

Бельці (рум. *Bălţi*, Бэлць) — другий за величиною місто в Республіці Молдова після Кишинева. Бельці розташовані на півночі Молдавії, в 105 км на північний захід від Кишинева, на горбистій рівнині (Бельцька степ), в місці впадання в річки Реут та Реуцел [14].

Рельєф муніципії Бельці є частиною хвилястої рівнини Бельці. На півдні знаходиться плато Чулук-Солонець. Таким чином, територія Бельці характеризується слабо горбистим рельєфом великих долин і асиметричних схилів (рис.1.4). Географічний центр міста являє собою негативну морфоструктуру у вигляді великого амфітеатру з дуже високими сторонами, утвореними руслом річки Реут. Ліві схили річок Реут і Реутель є спокійні, а

праві - крутими. Внаслідок збезлісення, підвищення рівня ґрунтових вод і підвищеної щільності будівлі на крутих схилах потерпають від зсувів, крім того Бельці знаходяться в 7-бальної зони сейсмічності

Клімат міста помірно континентальний: зима м'яка, коротка, літо жарке тривале. Середня температура січня $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, липня $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури становить $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рис. 1.4. Географічне положення та фотознімок м. Бельці

Атмосферна циркуляція повітря характеризується переважанням теплих повітряних мас і в деяких випадках вологим, що приходить із заходу, з

Атлантичного океану. Інтенсивна активність середземноморських і атлантичних повітряних мас протягом літа приносить сильні зливи. Помірний сухий повітря, що утворився на сході і південно-сході Східноєвропейської рівнини, схильний до високої температури та посухи. Повітряне вторгнення в Арктику викликає раптову зміну погоди і зниження температури. Зими характерно впливу мас повітря, що утворюються в Сибіру. Вітер як правило, має напрямок на північний схід і південний схід зі швидкістю 2-5 м / с.

У регіоні Бельці річна сонячна радіація становить 112-114 ккал/см², а тривалість щорічної сонячного сьйва становить близько 2000 годин. Абсолютна максимальна температура становить 38°C, а мінімальна температура: -35°C. Середньорічне значення становить 9,1°C.

Річна кількість опадів становить 450-550 мм Кількість днів з опадами становить 120 на рік, що дозволяє підтримувати оптимальну вологість протягом вегетаційного періоду. Кількість опадів за активний вегетаційний період становить 360-380 мм. Тривалість вегетаційного періоду - 167-176 днів, сонячний період - 290-300 днів, тривалість інсоляції - 2050-2100 год.

Середньорічна кількість опадів (від 5 до 545 мм), у тому числі 344 372 мм в теплий період (з квітня по жовтень) і тільки 165-171 мм в холодний період (листопад-березень). Пролівні дощі випадають в червні-серпні. Випаровуваність досягає 816 мм.

Сніговий покрив нестійкий. Висота снігового покриву становить 10 – 25 см, але в деякі зими реєструється і висотою 50 см, особливо в захищених місцях. З негативних погодних явищ зими широко поширена: ожеледь (4 дні), паморозь (5-7 днів) і заметіль. Навесні і восени можуть мати місце сильні морози, а влітку-посухи,суховій і спека. [13]

Район Брічень є самим північно-західним районом Молдови і межує з Україною на півночі та з Румунією на південному заході (рис.1.5). Місто Брічень розташоване в широкій долині, яка утворена річками Лопатник і Вілія. Місто знаходиться на відстані 230 км на північ від Кишинєва. З введенням в експлуатацію цукрового заводу тут була проведена залізнична гілка від Вашкауци (Україна).Природні ресурси Брічень - це земельні ресурси, які являють собою чорноземи з високою продуктивністю. Поруч з містом знаходиться унікальний ліс площею 30 гектарів з віковими деревами.

У 2003 році місто Брічень було названо на республіканському конкурсі «Саме зелене, саме добре облаштоване і найчистіше місто Молдови» [15].



Рис. 1.5. Географічне положення та фотознімок м. Брічень

Місто Кагул розташоване на березі річки Прут, в 175 км від столиці республіки – Кишинєва (рис. 1.6). Середня висота над рівнем Чорного моря - 119 м. Загальна площа Кагулу - 3415 га.

В більшості з них ґрунти представлені чорноземами. Зелені зони займають 432 га, з яких 381 га. є частиною Державного фонду лісового господарства та 21 га. це парки і сквери. Загальна площа водосховищ в місті становить 37 га. Місто перетинають зі сходу на захід дві річки: Фрумоаса

(довжиною 9 км) і Котихана (довжиною 7,4 км).

Річка Прут, яка проходить недалеко від міста, є основним джерелом водопостачання Кагулу [16].



Рис. 1.6. Географічне положення та фотознімок м. Кагул

Місто Штефан-Воде розташоване в південно-східній частині Республіки Молдова, в 105 км від Кишинева. З трьох сторін місто знаходиться в найближчому сусідстві з Україною (рис. 1.7). До міста Бендери (Тигине) – 45 км, а до залізничної станції Кэушень - 27 км. [18]



Рис. 1.7. Географічне положення та фотознімок м. Штефан-Воде

Отже, пункти дослідження обрані з метою виявлення активності конвективних явищ над Молдовою з різними фізико-географічними умовами.

2 ВИНИКНЕННЯ СМЕРЧІВ НАД МОЛДОВОЮ

2.1 Повторюваність смерчів над Молдовою у 2000-2018 рр.

Смерч – вихор, що надзвичайно швидко обертається у вигляді воронки повітря величезної руйнівної сили, в якому присутні волога, пісок та інші суспензії. Висхідні вихори швидко обертового повітря, мають вигляд темного стовпа діаметром від декількох десятків до сотень метрів з вертикальною, іноді і заломленою віссю обертання. Смерч як би "звисає" з хмари до землі у вигляді гігантської воронки, всередині якої тиск завжди знижений, тому проявляється ефект "всмоктування" [1, 2].



Рис. 2.1. Фотографії смерчів]

Смерч на території Молдови відноситься до найнебезпечніших стихійних атмосферних явищ. Ступінь вивченості його фізичного механізму, процесів утворення та прогнозування обмежені. Причиною цього є локальність явища, труднощі реєстрації і майже повна відсутність випадків проходження смерчу через пункти спостереження (метеорологічні станції). Про деякі їх характеристики судять за результатами візуальних спостережень, а також за радіолокаційними і супутниковими даними. Інформацію про кількісні параметри, траєкторію переміщення та ширину приземного сліду отримують на основі аналізу наслідків руйнувань, які для

зручності аналізу узагальнено Фуджитою [1].

Смерчі над Молдовою розвиваються на атмосферних фронтах, що формуються у процесі адвекції теплого та вологого субтропічного (тропічного) повітря на фоні вторгнення найхолодніших арктичних та помірних повітряних мас. Потужні купчасто-дощові хмари, утворенням яких супроводжуються процеси фронтогенезу, під час смерчу зазвичай простягаються від приземного рівня через всю товщу тропосфери до нижньої стратосфери. Значна нестійкість атмосфери, висока її вологоємність, достатньо потужний шар із конвергенцією вітру - основні прогностичні ознаки утворення смерчу. Атмосферні фронти, на яких утворюються смерчі, зазвичай добре виявлені і характеризуються зонами з великими горизонтальними градієнтами температури повітря на невеликих віддальх по нормалі до фронту, що дорівнюють 6,0...10,0 °С і більше на 100 км, потужністю шару із зрушенням вітру в межах 0,5-1,5 км, зміною швидкості вітру з висотою у вільній атмосфері 1-3 м/с на 100 м висоти.

За даними спостережень радіолокаторів і за знімками хмарності з штучних супутників Землі виявлено, що смерчонебезпечна ситуація у 85 % пов'язана з конвективними хмарами, висота радіоеха яких досягає і перевищує 13 км, і у 90 % — з купчасто-дощовими хмарами, горизонтальні розміри яких досягають 200-400 км та значними вертикальними градієнтами швидкості вітру на атмосферних фронтах, які сприяють утворенню вихорів.

Перераховані смерчонебезпечні ознаки найбільшою мірою притаманні центральним частинам "молодих" циклонів і нахиленим теплим секторам фронтальних зон. Найнебезпечніші смерчі, що досягають поверхні Землі, утворюються за ситуації, коли маси хмар, що обертаються, охоплюють шари повітря нижче 1,0 км. І чим більші контрасти температури повітряних мас, чим ближче до лінії фронту вони розташовані і чим стрімкіше формується зона фронту, тим більша ймовірність розвитку смерчонебезпечної ситуації.

Найсильнішим за охопленням території і заподіяним збитком був смерч, який відзначався 11 серпня 1994 року. Смерч пройшов по території республіки у напрямку із заходу на схід смугою, ширина якої склала близько 10-25 км, а довжина близько 80 км. Проходження смерчу супроводжувалося посиленням швидкості вітру понад 120 км/год (виміряна візуально), зливою з випаданням граду діаметром до 30 мм, що призвело до людських жертв,

каліцтв, а також до нанесення великої матеріальної шкоди народному господарству. На значних площах Ришканського, Дрокієвського, Дондюшанського, Сорокського районів постраждали сільгоспугіддя. Було завдано великої шкоди житлового фонду (знесені, пошкоджені дахи будинків, вибиті дверні та віконні рами, скла), обірвані проводи ліній зв'язку і електропередач. Єдиним випадком, коли вдалося виміряти інструментальне швидкість вітру в смерчі, був смерч, що спостерігався 8 липня 2000 р. та зазначений на метеостанції Кодрій (с. Лозова, Страшенський р-н). Швидкість вітру склала 158 км/ч. Інші наведені вище випадки зі смерчем носили локальний характер (шириною до 3 км), однак, також було завдано шкоди народному господарству [10].

На території Молдови смерчі – явище рідкісне, яке спостерігаються зазвичай в теплий період року [3]. В ході дослідження розглянуті різні джерела метеорологічної інформації щодо виявлення випадків смерчів над Молдовою. В якості джерел використовували дані метеорологічних спостережень та інтерактивну базу даних сайту Європейської лабораторії сильних штормів (European Severe Weather Database) [7].

В результаті роботи з вихідним матеріалом виявлено 9 випадків виникнення смерчів над Молдовою за 2000-2018 роки і побудована карта їх розповсюдження (рис. 2.3).

За останні 18 років смерчі спостерігалися:

8 і 9 липня 2000 р. (Сынжерейский і Страшенський р-ни),

7 серпня 2005 р. (с. Кобуска Ново-Аненського р-ну).

23 червня 2007 р. (г. Единець)

23 червня 2007 р. (г. Кишинів)

17 квітня 2012 р. (с. Бэчой, мун. Кишинеу),

20 травня 2012 р. (р. Кишинеу)

13 жовтня 2012 р. (с. Етулія – АТО Гагаузія)

10 липня 2014 р. (с. Чишмикиой – АТО Гагаузія)

14 червня 2016 (с. Ферапонтьевка – АТО Гагаузія)

У 2017 та 2018 рр. Над Молдовою не спостерігалось жодного смерчу.

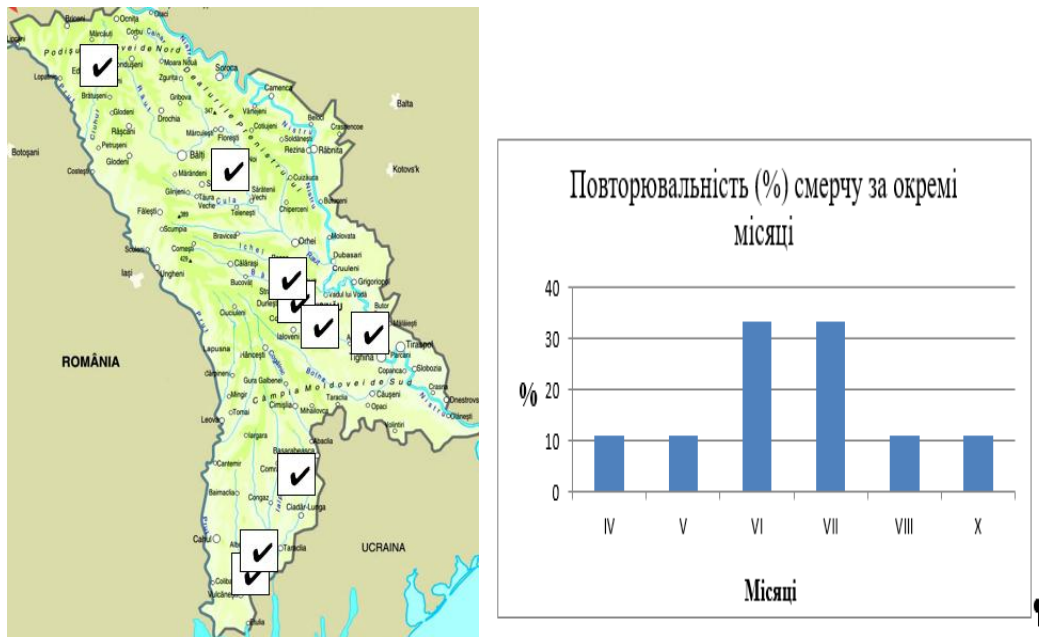


Рис. 2.2. Територіальний сезонний розподіл смерчів над Молдовою з 2000 по 2018 рр.

Отже, виявлені 9 смерчів (рис. 2.3), які територіально локалізувалися у вигляді трьох зон: одна проходила на північну частину Молдови; друга простежувалася в центральній частині країни, тобто у районі Кишинева. Третя частина виявилася на південному заході Молдови. Скупчення смерчів розташувалися нерівномірно, окремими ділянками і відповідали положенню проходження фронтальних зон.

Смерчі над Молдовою спостерігалися у теплий період, а саме з квітня по жовтень. Частіше вони формувалися влітку, а найчастіше (по 33,5 %) у червні та липні, решті виникали у квітні-травні-серпні-жовтні (по 11 %).

2.2 Синоптичні умови виникнення смерчів

Аналіз синоптичних умов напередодні виникнення смерчу проводився з застосуванням електронного архіву АРМСин 3.0 та ресурсу [21] за 00 або 06 UTC в залежності від часу, коли спостерігався вихор, а місце виникнення явища позначено червоним трикутником (рис. 2.3)

Як звісно, смерчі утворюються в зонах активної конвекції в циклонах, що поглиблюються, на холодних фронтах, що загострюються, перед ними і під великими тропосферними депресіями [1, 5].

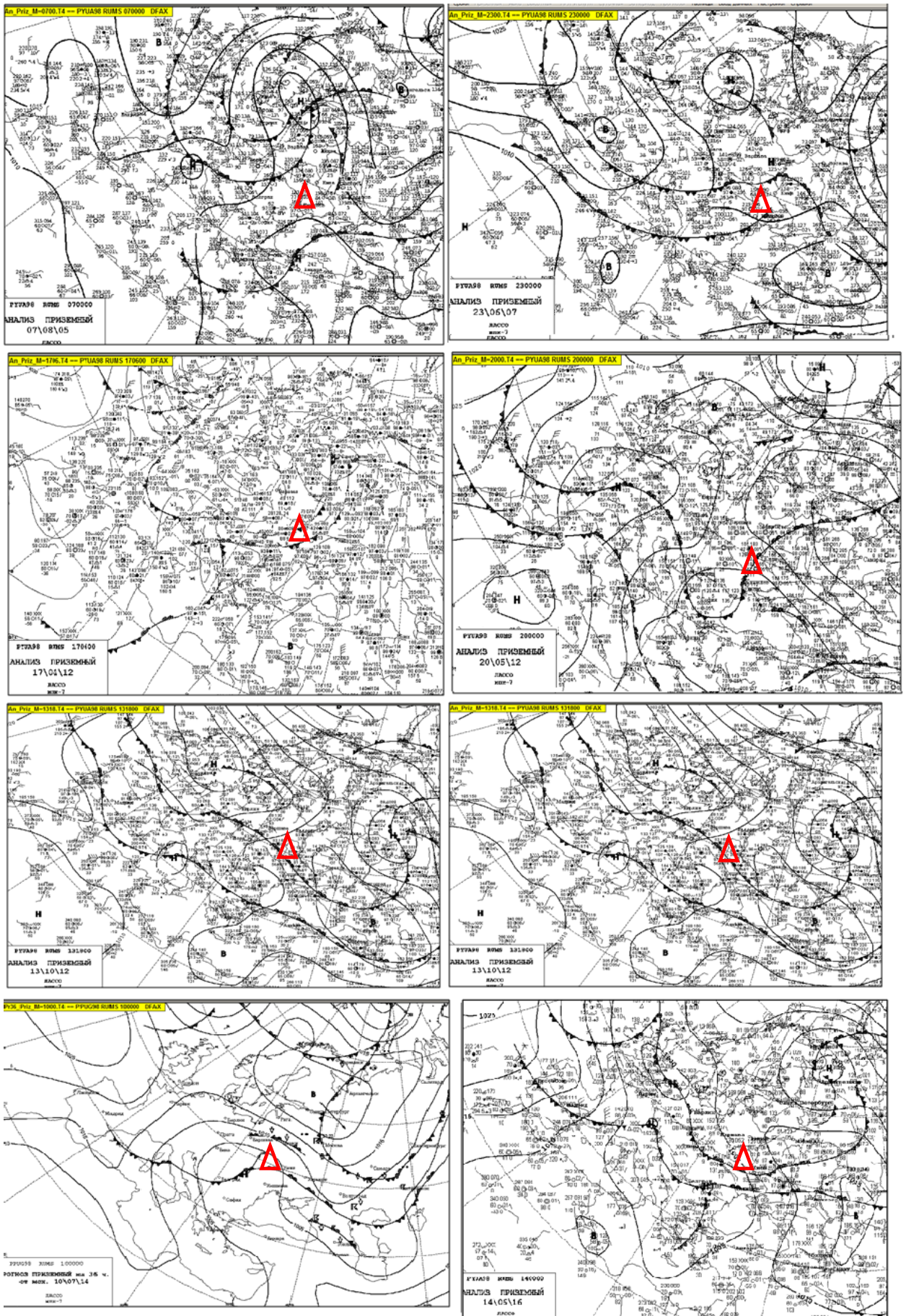


Рис. 2.3. Синоптичні умови напередодні смерчів (00 UTC).

Смерчі розвиваються на атмосферних фронтах, що формуються у процесі адвекції теплого та вологого субтропічного (тропічного) повітря на фоні вторгнення найхолодніших арктичних та помірних повітряних мас. Потужні купчасто-дощові хмари, утворенням яких супроводжуються процеси фронтогенезу, під час смерчу зазвичай простягаються від приземного рівня через всю товщу тропосфери до нижньої стратосфери. Значна нестійкість атмосфери, висока її вологоємність, достатньо потужний шар із конвергенцією вітру — основні прогностичні ознаки утворення смерчу. Атмосферні фронти, на яких утворюються смерчі, зазвичай добре виявлені і характеризуються зонами з великими горизонтальними градієнтами температури повітря на невеликому віддаленні по нормалі до фронту, що дорівнюють 6,0...10,0 °С і більше на 100 км, потужністю шару із зрушенням вітру в межах 0,5-1,5 км, зміною швидкості вітру з висотою у вільній атмосфері 1-3 м/с на 100 м висоти [1, 5].

Так, основними погодоутворюючими процесами 7 серпня 2005 р. (рис. 2.3) згідно приземній карті за 00 UTC були циклон з центром над Балтійським морем (мінімальний тиск в центрі 1004,9 гПа) та циклон над Чорним морем з мінімальним тиском в центрі 1005 гПа; осередок високого тиску спостерігався над Архангельськом з максимальним тиском 1010 гПа.

Наступний випадок, 23 червня 2007 р. (рис. 2.5) погоду визначали циклон в районі Скандинавії з мінімальним тиском в центрі 1005 гПа та антициклон в західній частині Франції з максимальним тиском 1017 гПа., а безпосередньо через Кишинів проходила холодна ділянка полярного фронту.

Визначними погодними процесами 17 квітня 2012 р. були циклон з центром над Санкт-Петербургом з мінімальним тиском 996,8 гПа та антициклон в районі Середземного моря з максимальним тиском 1016,2 гПа, а над районом Молдови проходили дві фронтальні системи.

Останній випадок смерчу 20 травня 2012 р. утворився під впливом циклону в районі Середземного моря з мінімальним тиском 1005 гПа, а над Кишиневом простежувалась вершина хвилі полярного фронту.

Отже, всі випадки формування смерчу над Молдовою спостерігалися під впливом проходження фронтальних розділів або вершини хвилі на полярному фронті.

3 ГРОЗОВА ДІЯЛЬНІСТЬ НАД МОЛДОВОЮ

3.1 Просторово-часовий розподіл грозової діяльності над Молдовою

Згідно [3], у Кишиневі в період 1959-1976 рр. грози спостерігалися протягом всього року, за винятком січня. У грудні імовірність грози складала 3%. У річному ході найбільша кількість днів з грозою (10 днів) припадала на червень, а в окремі роки влітку вона зростала до 15. Всього на рік, в середньому, спостерігалася у цей період 34 грози. Максимальна активність грозоутворення була у 1955 р., коли протягом року виникло 55 гроз.

Для виявлення сучасного режиму грозової діяльності над Молдовою обрані метеорологічні спостереження на станціях Кишинів та Бельці з 2005 по 2017 рр., а на станціях Брічень, Штефан-Воде та Кагул з 2010 по 2017 рр. [19]. Під час періоду дослідження грозова діяльність над Молдовою спостерігалася з квітня по вересень, а поодинокі грози виникали в березні та жовтні. В роботі окремо розглядалися грози у супроводі опадів та без опадів, тобто «сухі грози».

Так, над Кишиневом з 2005 по 2017 рр. виявилось 206 гроз з опадами та 112 без опадів, отже в середньому на рік – 15,8 та 8,6 випадків. Максимальна кількість гроз з опадами відмічалася в 2010 р. (26 випадків), а сухих – в 2012 р. (18 випадків). Більшість гроз спостерігалася влітку (рис. 3.1), а саме у червні (28,6 %) з опадами та у липні без них (39,3 %). Отже максимумами річного ходу формування грози з опадами та сухих гроз відрізнялися, можливо, через більш високу температуру та більш сухе повітря у липні. Грози з опадами активно спостерігалися з травня по липень – від 22 до 29 % від загального числа явищ або 3,5-4,5 випадки в середньому на місяць. Поза межами теплого півріччя над Кишиневом спостерігалася лиш одна гроза з опадами у березні 2014 р. та одна суха гроза у жовтні 2015 р.

Найбільш активною грозовою діяльністю відмічений липень 2013 р., коли протягом місяця було 12 гроз, також слід звернути увагу на травень 2012 та квітень 2015 рр., коли виникало по 10 гроз з опадами. Більше всього сухих гроз формувалося у липні 2012 р.

На північ від Кишиневу, у місті Бельці за той самий період спостережень виникло 137 гроз з опадами та 44 сухих гроз, тобто значно менше ніж у Кишиневі (рис. 3.2). В середньому на рік над Бельцями

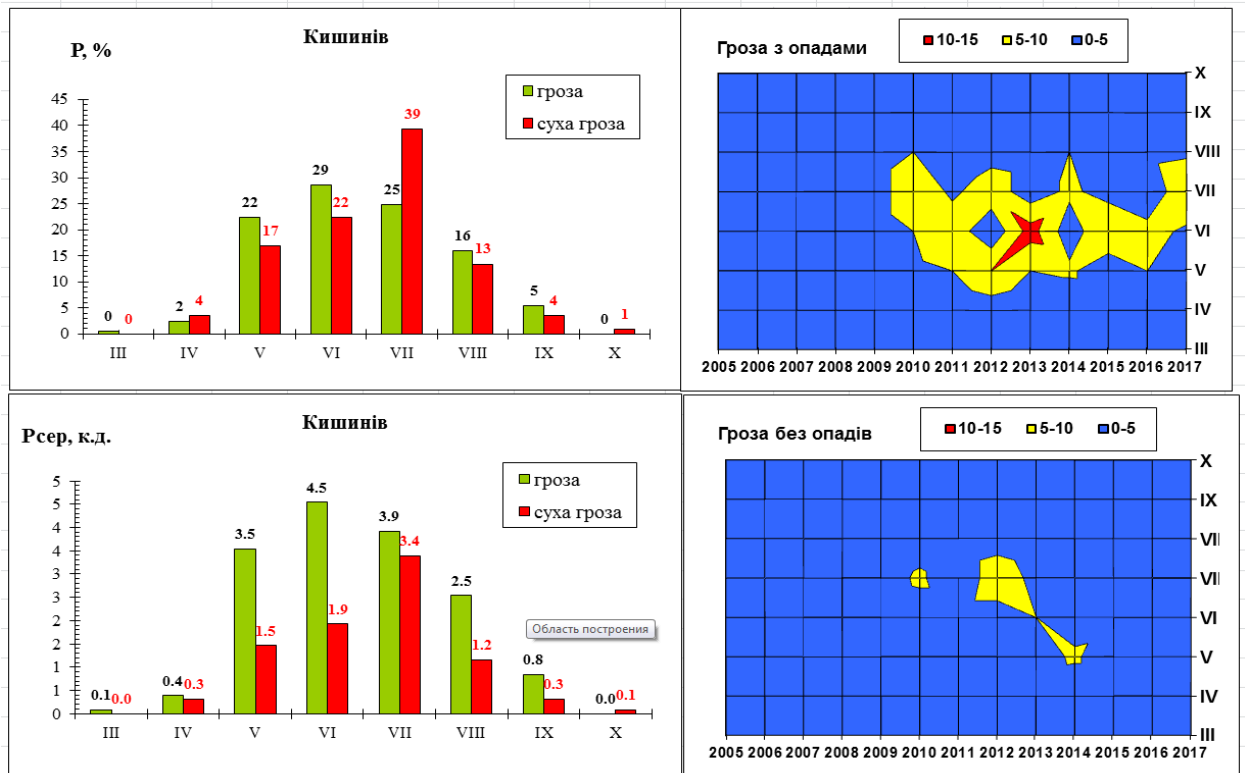


Рис. 3.1. Повторюваність (%) та середня кількість на гроз в Кишиневі

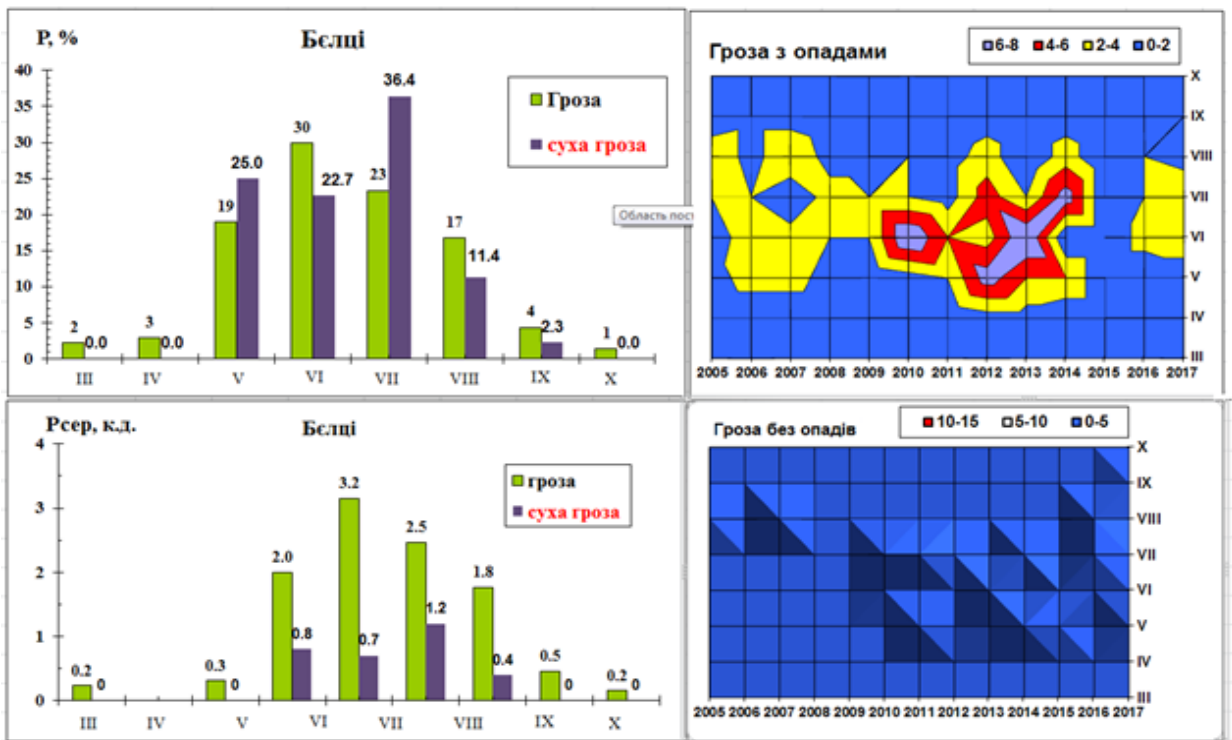


Рис. 3.2. Повторюваність (%) та середня кількість на гроз в Бельцях

виникало 10,5 гроз з опадами та 3,1 без опадів.

Максимальна кількість гроз з опадами відмічалася в 2012 р. (21 випадок), а сухих – в 2011 р. (11 випадків). Більшість гроз також спостерігалася влітку (рис. 3.2), а саме у червні (30,0 %) з опадами та у липні без них (36,4 %). Різниця між активністю грозової діяльності у червні та травні і липні більш значні у порівнянні зі столицею для обох типів гроз, через відносно меншу кількість явища. Але за межами теплового півріччя спостерігалось 5 випадків гроз з опадами – три у березні (2006, 2012 та 2017 рр.) та дві у жовтні (2008 та 2010 рр.). Сухі грози відмічалися лише з квітня по вересень.

Так, найбільш часто грози з опадами формувалися над Бельцями у червні 2010 та 2013 рр. – по 8 випадків, а сухі грози – у липні 2010 р. та травні 2011 р. - по 5 випадків.

Далі розглянемо північний пункт дослідження, а саме Брічень, де з 2010 по 2017 рр. виникло 124 грози з опадами та 37 сухих гроз, тобто значно менше ніж у Кишиневі у вказаний період (165 та 86 випадків), але більше ніж у Бельцях (94 та 41 випадки). В середньому на рік над Брічень виникало 15,5 гроз з опадами та 7,3 без опадів.

Максимальна кількість гроз з опадами відмічалася в 2014 та 2016 рр. (по 22 випадки), а сухих – в 2010 та 2012 р. (по 10 випадків). Більшість гроз також спостерігалася влітку (рис. 3.3), а саме у липні з опадами (31,5 %) та у червні без них (36,2 %), тобто навпаки у порівнянні зі станціями на півдні. Переважно всі грози приходилися на червень та липень (60 % з опадами та 69 % без них), отже частка травня зменшилася відносно попередніх пунктів. За межами теплового півріччя спостерігалось лише 2 грози з опадами – у березні 2011 р. та у жовтні 2016 р., сухих у вказані місяці не відмічалось.

Так, найчастіше грози з опадами формувалися над Брічень у липні 2014 р. (12 випадків при їх середньомісячній кількості 4,8), а сухі грози – у червні 2013 р. (7 випадків при середньомісячній повторюваності 2,6).

Тепер проаналізуємо стації півдня Молдови – Штефан Воде та Кагул. Так, над Штефан Воде з 2010 по 2017 рр. виникло 140 гроз з опадами та 85 сухих гроз, тобто менше ніж у Кишиневі у вказаний період (165 та 86 випадків), але більше ніж у Бельцях (94 та 41 випадки) та Брічень (124 та 37 випадків). В середньому на рік над Штефан Воде виникало 17,5 гроз з опадами та 10,6 без опадів (рис. 3.4).

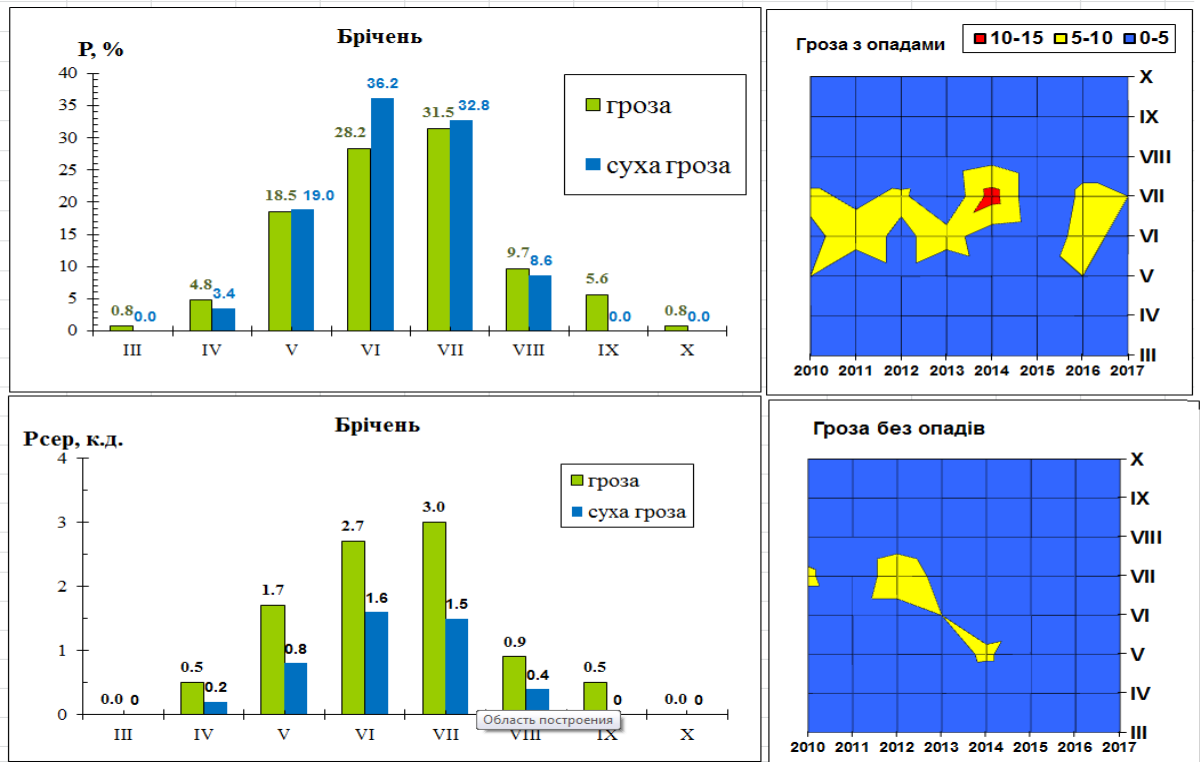


Рис. 3.3. Повторюваність (%) та середня кількість на гроз в Брічанах

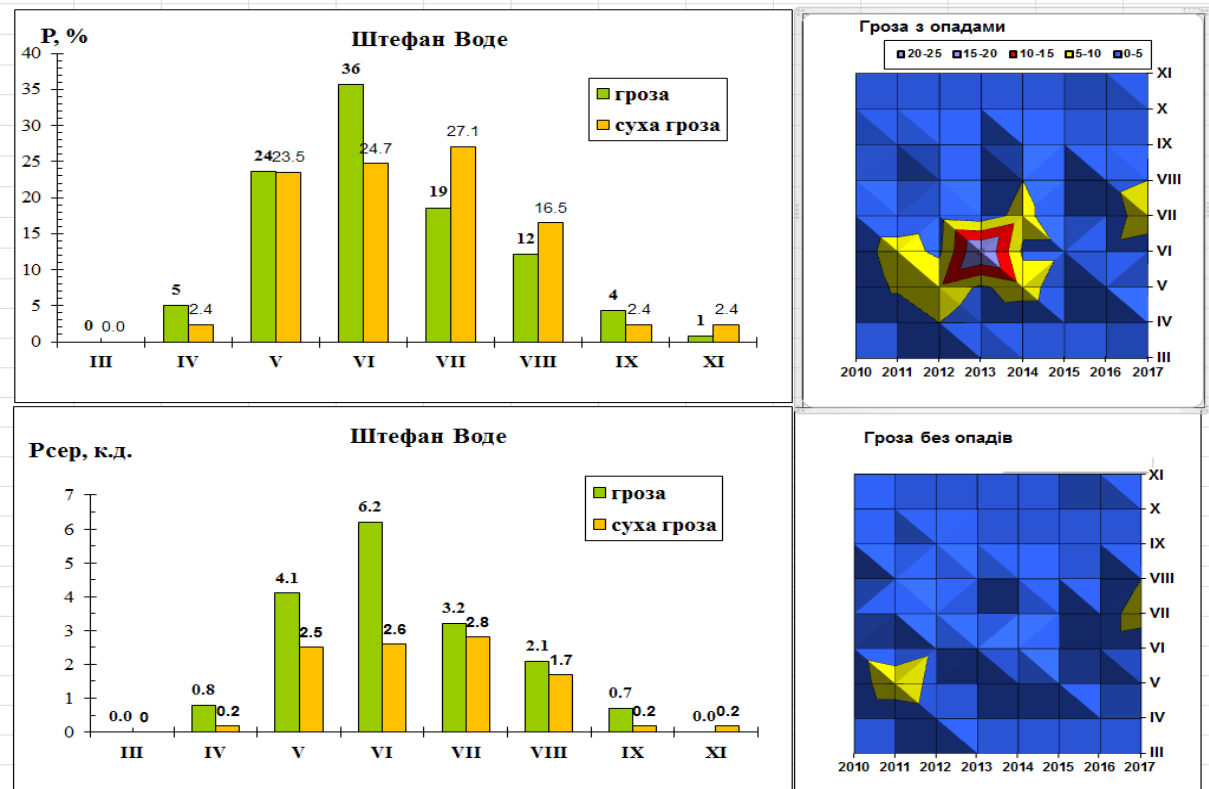


Рис. 3.4. Повторюваність (%) та середня кількість на гроз в Штефан Воде

Максимальна кількість гроз з опадами відмічалася в 2013 та 2014 рр. (27 та 27 випадків), а сухих – в 2011 р. (18 випадків). Більшість гроз також спостерігалася влітку (рис. 4.5), а саме у червні з опадами (36,0 %) та у липні без них (27,9 %), тобто навпаки у порівнянні зі Бріченими. Практично всі грози приходилися на травень-липень (77,9 % з опадами та 68,2 % без них).

За межами теплового півріччя спостерігалася лише одна гроза з опадами у жовтні 2016 р. та дві жовтневі сухі грози у 2010 та 2016 рр.

Найчастіше грози з опадами формувалися над Штефан-Воде у липні 2013 р. (21 випадок при середньомісячній повторюваності 6,5 випадків), а сухі грози – у липні 2017 р. (7 випадків при середньомісячній кількості 2,9).

Над південним заходом Молдови, а саме над Кагулом, з 2010 по 2017 рр. виникло 111 гроз з опадами та 90 сухих гроз, тобто гроз з опадами менше ніж у Кишиневі у вказаний період (165 та 86 випадків), Брічень (124 та 37 випадків) та Штефан Воде (140 та 85 випадків), але більше ніж у Бельцях (94 та 41 випадки), але на цієї станції спостерігається найбільша кількість сухих гроз. В середньому на рік над Кагулом виникало 13,9 гроз з опадами та 11,3 без опадів (рис. 3.5).

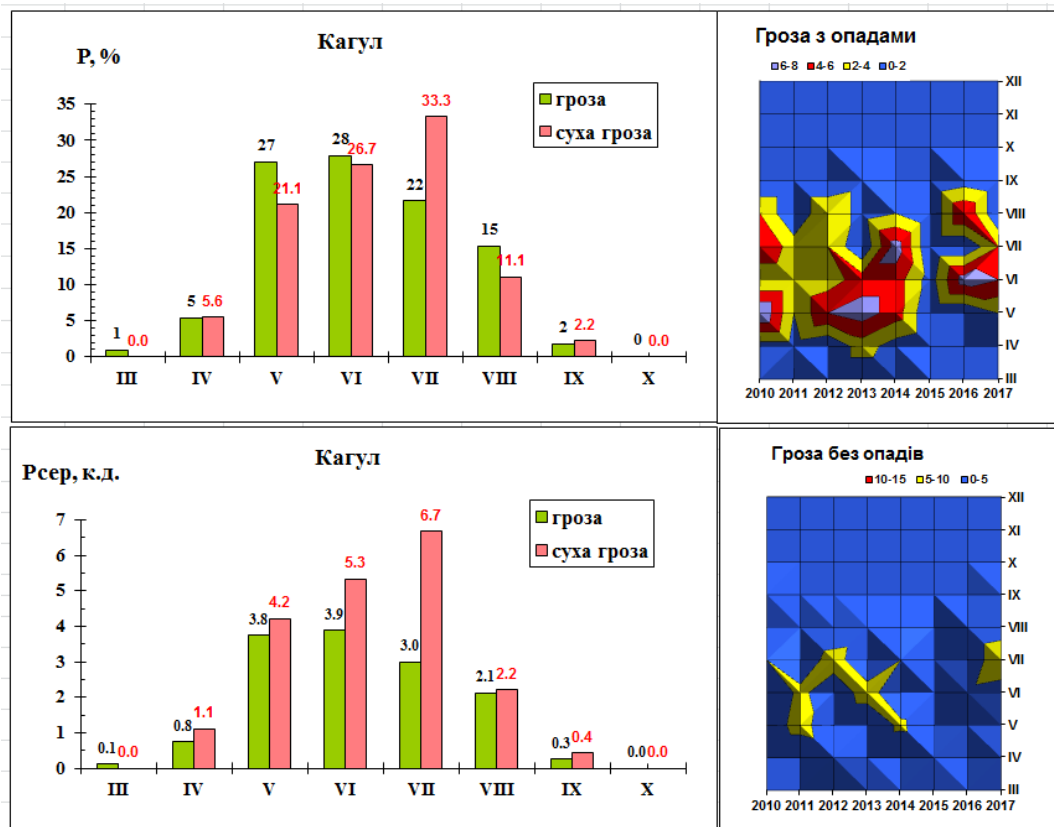


Рис. 3.5. Повторюваність (%) та середня кількість на гроз в Кагуле

Максимальна кількість гроз з опадами відмічалася в 2010 р. (22 випадки), а сухих – в 2017 р. (17 випадків). Більшість гроз також спостерігалася влітку, а саме у червні з опадами (28,0 %) та у липні без них (33,3 %). Практично всі грози приходилися на травень-липень (76,6 % з опадами та 81,1 % без них).

За межами теплого півріччя спостерігалася лише одна гроза з опадами у березні 2010 р. та жодної сухої грози.

Найчастіше грози з опадами формувалися над Кагулом у травні 2013 р., у червні 2016 р. та липні 2014 р. (по 7 випадків при середньомісячній повторюваності 3,8, 3,9 та 3,0 випадків), а сухі грози – у липні 2017 р. (8 випадків при середньомісячній кількості 3,7).

Отже, над Молдовою грози спостерігалися з квітня по вересень за винятком поодиноких явищ у березні і жовтні. Основна кількість (70-80 %) гроз з опадами та сухих гроз виникала з травня по липень, причому максимум річного ходу гроз з опадами припадав на червень, а для сухих гроз – на липень, за винятком північної станції Брічень, де сухі грози найчастіше формувалися у червні, а з опадами – у липні.

Найчастіше грози у супроводі опадів та без них відмічалися у вечірні години (18 та 21 UTC) над всіма пунктами дослідження (рис. 3.6), отже термічний нагрів підстильної поверхні не був головним механізмом грозоутворення. Мінімум добового ходу припадав на ранкові години (06 UTC), можливо внаслідок формування приземної інверсії протягом ночі. Значних особливостей добового ходу над різними районами Молдови не виявлено, за винятком міста Бельці, де вночі (00 та 03 UTC) не було жодної сухої грози.

Якщо розглянуті міжрічну мінливість кількості випадків гроз обох типів з над Молдовою, то виявиться збільшення активності грозоутворення від 2010 по 2014 рр. над Кишиневом і Бельцями (рис. 3.7), та відносне зниження їх виникнення у 2015-2018 рр. Для виявлення причин цієї тенденції необхідно проаналізувати синоптичні процеси у вказаних роках.

Отже, грози над Молдовою переважно утворювалися у центрі країни у червні та липні наприкінці доби. Грози з опадами виникали практично вдвічі частіше сухих гроз та переважно на південному заході Молдови у зоні засушливого степу.

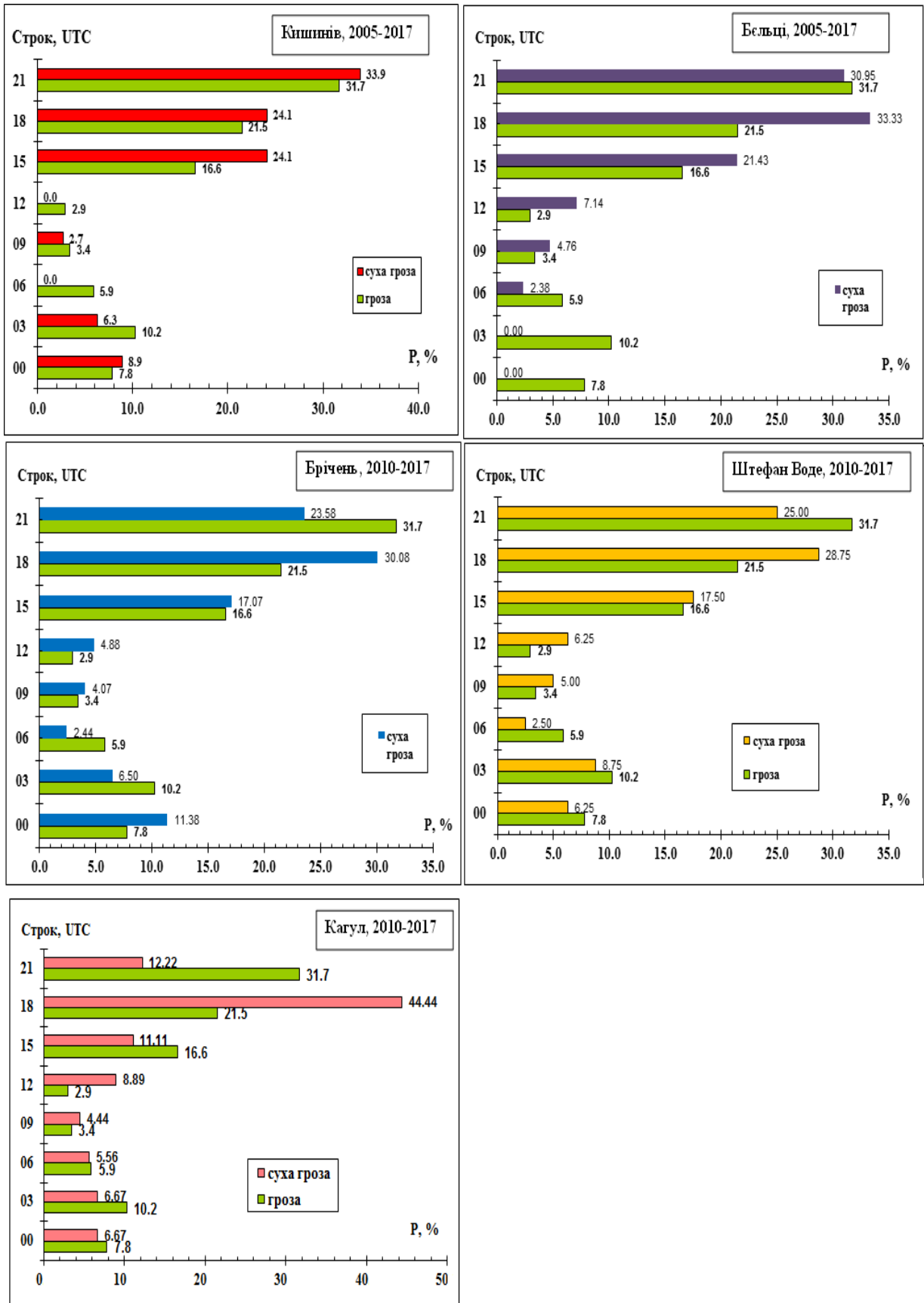


Рис. 3.6. Добовий хід початку гроз над Молдовою

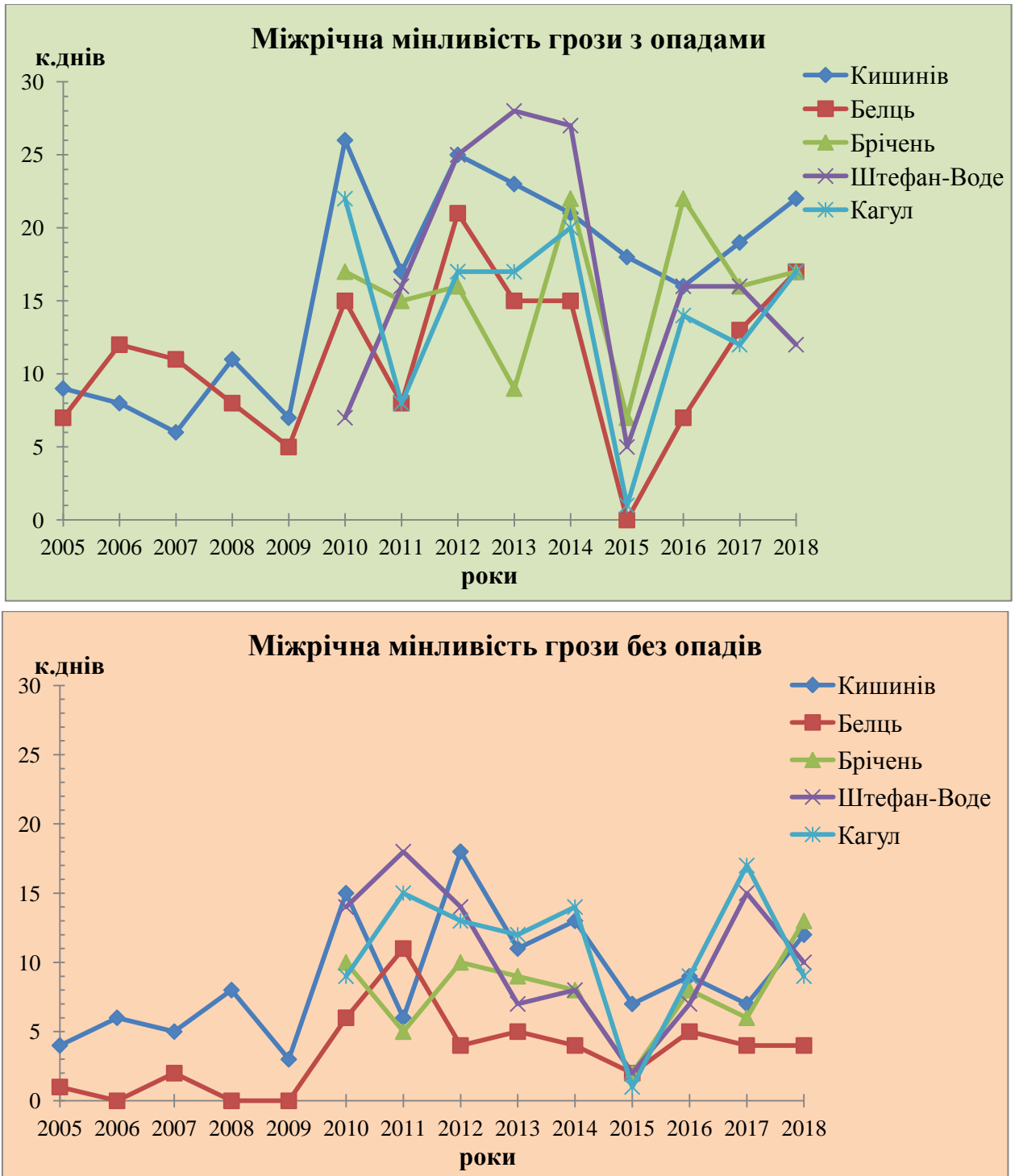


Рис. 3.7. Кількість гроз з опадами та без опадів на рік Молдовою з 2005 по 2018 р.

Підрахунок кількості обох типів гроз на рік для обраних пунктів дослідження виявив (табл. 3.1), що у 2005-2018 рр. над Молдовою спостерігається 22-27 гроз на рік (рис. 3.8) зі збільшення їх кількості впродовж періоду дослідження (рис. 3.9), за винятком півдня країни.

Таблиця 3.1 – Кількість днів з гроз над Молдовою

Роки	Кишинів	Бельці	Брічень	Штефан Воде	Кагул
2005	13	18	–	–	–
2006	14	12	–	–	–
2007	11	13	–	–	–
2008	19	18	–	–	–
2009	20	25	–	–	–
2010	41	28	27	21	31
2011	23	25	20	34	23
2012	43	25	26	29	30
2013	24	20	18	35	29
2014	34	29	30	35	34
2015	25	22	22	20	20
2016	25	22	30	23	23
2017	26	25	22	28	29
2018	34	28	30	22	26
Середнє	25	22	25	27	27



Рис. 3.8. Середня кількість днів з грозою на рік над Молдовою



Рис. 3.9. Міжрічна мінливість кількості днів з грозою та температури теплового півррччя над Молдовою

Виявилося, що у сучасний період гроз утворювалося менш у порівнянні з [3], можливо внаслідок зміни циркуляційних умов над півднем Східної Європи за останні 30 років.

Тенденція до зростання кількості гроз над Молдовою за 2005-2018 рр. наявно простежувався над Кишиневом та Бельцями, причому лінійний тренд кількості днів з грозою майже співпадав зі трендом температури повітря. Звичайно, збільшення середньомісячної температури теплого півріччя не може визначити зміни режиму виникнення такого складного явища, як гроза, але це один з факторів можливості розвитку термічної конвекції, яка може призвести до появи внутришньомасових гроз.

Як видно з [9-11], за період інструментальних спостережень над Молдовою (1887-2010 рр.) температура повітря збільшувалася разом з опадами, але опади зростали повільніше. За тепле півріччя 2005-2018 рр. опади незначно сильнішали лише над Кишиневом.

Зменшення кількості гроз над півднем Молодви (Кагул, Штефан Воде з 2010 по 2018 рр.) спостерігалось одночасно при зростанні температури та зменшення відносної вологості повітря за період дослідження, що не може сприяти процесам хмаро- та опадоутворення.

Отже, сучасний режим утворення гроз над Молдовою характеризувався їх переважним виникненням у над центром та півднем країни другий половині доби у червні та липні. Грози з опадами виникали практично вдвічі частіше сухих гроз.

3.2 Характеристика напрямку та швидкості вітру на початку грози над Кишиневом у 2013-2018 рр.

При дослідженні особливостей формування конвективних явищ важливо знати загальний режим вітру станції, з метою визначення характеру процесів, що сприяють виникненню гроз, граду та ін. Тому в рамках цього дослідження отримані основні характеристики вітрового режиму над Кишиневом з 2013 по 2018 рр. за тепле півріччя, коли реалізувалися конвективні процеси.

Зміна напрямку і швидкості вітру протягом року залежить від сезонного режиму баричного поля і деформації повітряних потоків під

впливом рельєфу. Так як в теплий період року Молдова часто знаходиться під впливом азорського субтропічного антициклону, то повторюваність північно-західного вітру в Кишиневі в цей час найбільша [9].

В умовах грозової діяльності зберігається переважне північно-західний напрямок вітру, всього 52 випадки, що відповідає кліматичній нормі [3, 9]. Так, максимальне число випадків північно-західного вітру в червні 25 випадків, а мінімальне в березні, вересні і жовтні - всього лише по 1 випадку.

Найрідше гроза спостерігається при вітрах південно-західного напрямку. З травня по серпень в 5-х випадках гроза спостерігалася при штилі.

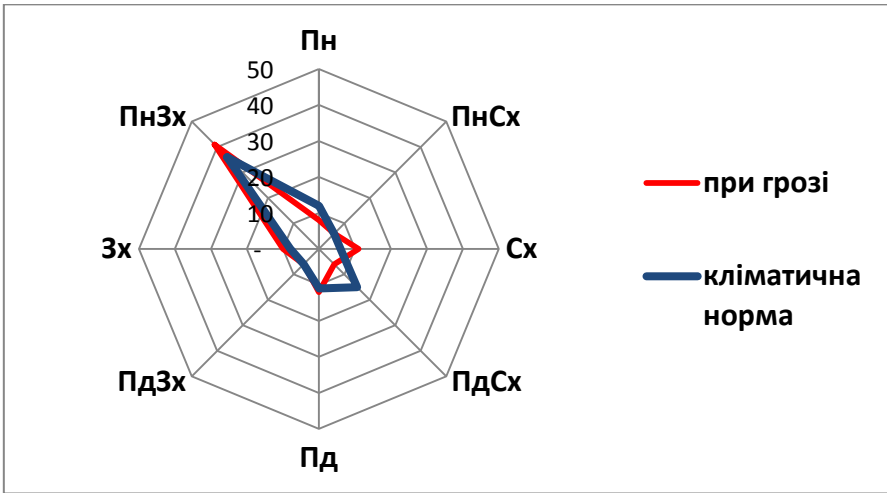


Рис. 3.10. Напрямок вітру на ст. Кишинів (2013-2018 рр.) на початку грози

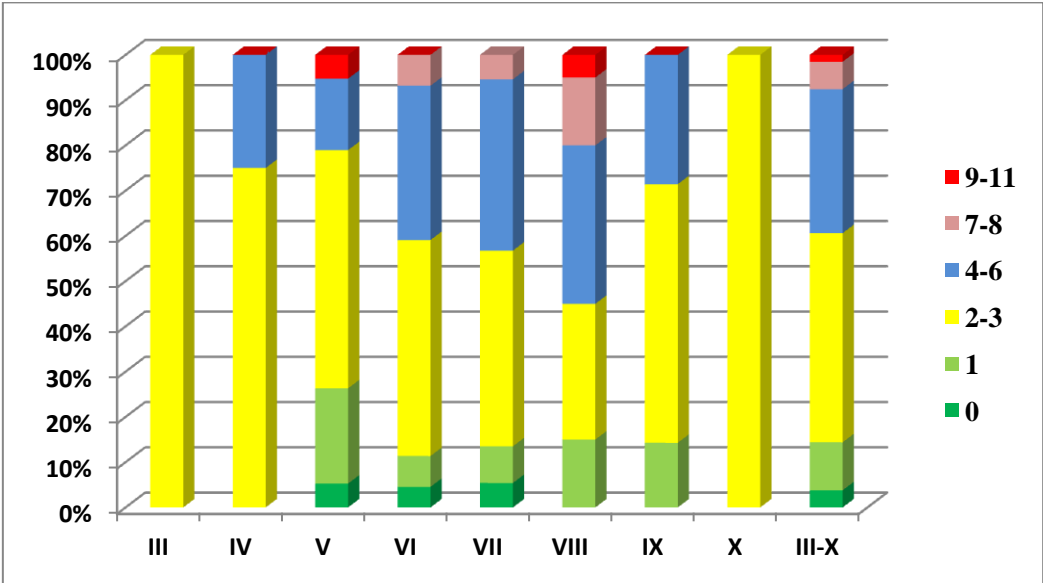


Рис. 3.11. Швидкість вітру на ст. Кишинів з 2013 по 2018гг

Найчастіше гроза починається при швидкості вітру 2-3 м/с (61 випадок). Максимальне число випадків (21) - у червні, мінімальне (1) - в березні, жовтні. З травня по серпень було по 1 випадку грози при швидкості вітру 9-11 м/с.

3.3 Синоптичні умови утворення гроз над Кишиневом у 2013-2018 рр.

Для дослідження синоптичних умов виникнення гроз над Молдовою обраний п'ятирічний період спостережень над Кишиневом з 2013 по 2018 рр., під час якого грози переважно утворювалися у травня (33%), дещо менше їх було в червні та липні – 27 і 21%, відповідно.

В цей період найчастіше (рис. 3.12) можна було спостерігати внутрішньо-масові грози (29%), які зумовлені конвекцією і виникають як у теплих масах повітря внаслідок нагрівання підстильної поверхні переважно у малоградієнтному полі підвищеного або зниженого тиску, так і в холодних, які перемішуються на теплу поверхню (рис. 3.13).

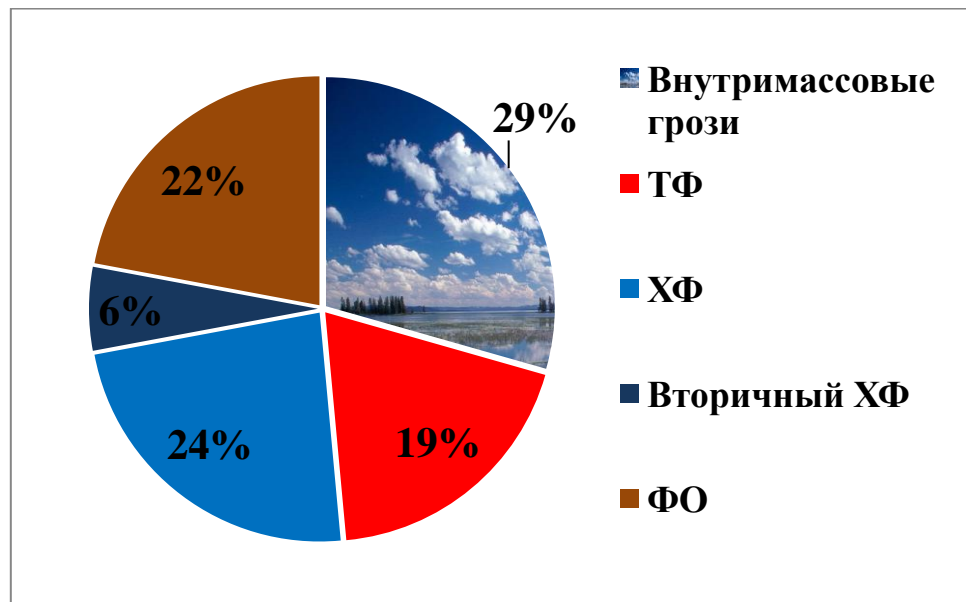


Рис. 3.12. Повторюваність (%) гроз над Кишиневом в залежності від походження

Також значна частка гроз (24%) розвивалася на основних холодних фронтах, де вони пов'язані з потужним витісненням теплої повітряної маси

високого вологовмісту і нестійкої стратифікації уверх наступаючим валом холодного повітря (рис. 3.14).

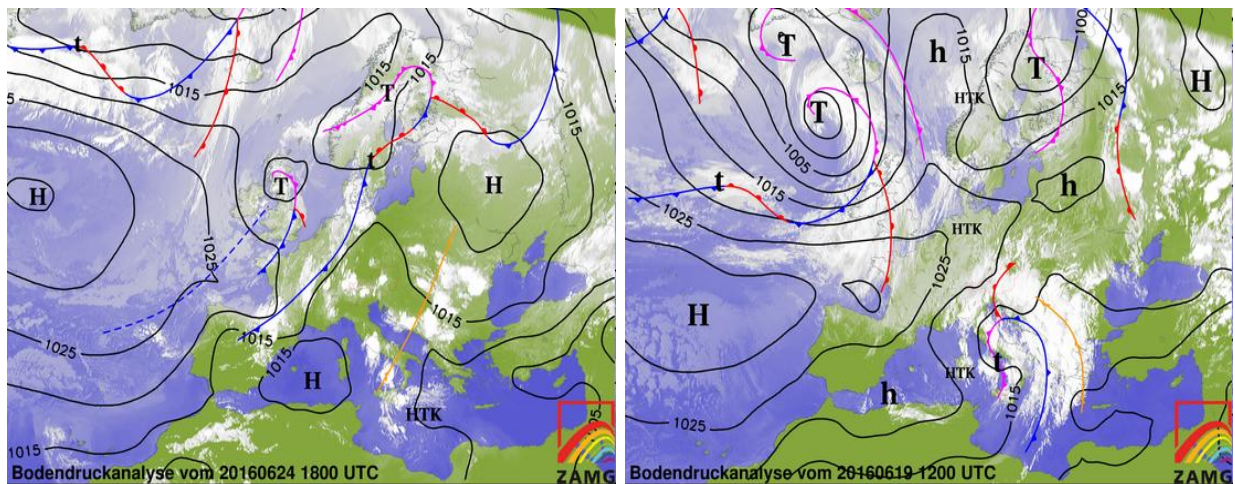


Рис. 3.13. Приземний аналіз та супутниковий знімок при внутрішньомасових грозах над Кишиневом [21]

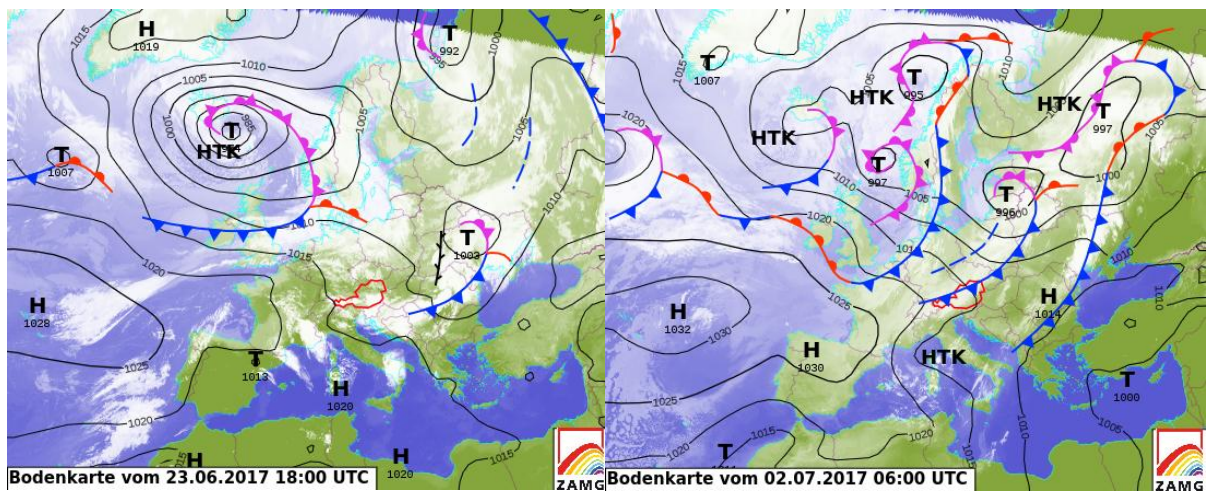


Рис. 3.14. Приземний аналіз та супутниковий знімок під час гроз на холодному фронті над Кишиневом

На фронтах оклюзії спостерігалось 22% гроз, коли більш холодне повітря витісняє менш холодне, проникає під поверхню теплого фронту, піднімаючи наверх тепле повітря, і цим спричинює розвиток цілого валу купчасто-дощових хмар за лінією фронту (рис. 3.15). Хмари у даному випадку дуже розвинуті вертикально, коли фронт оклюзії утворюється у центрі циклону.

Дещо менш гроз (19 %) розвивалося на теплому фронті, завдяки тому, що під час підймання над фронтальною поверхнею зростає нестійкість стратифікації теплого повітря, що спричинює розвиток конвекції. Найчастіше це буває тоді, коли теплі фронти пов'язані з циклонами та улоговинами, що заглиблюються (рис. 3.16). Менш за все грозова діяльність спостерігалася на вторинних холодних фронтах – лише 6%.

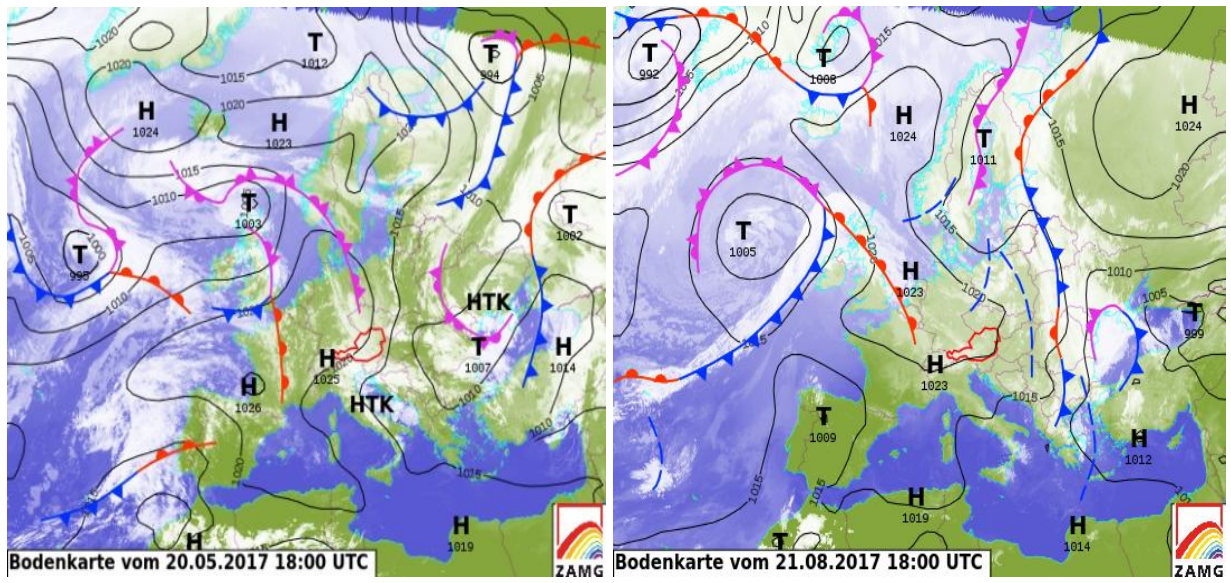


Рис. 3.15. Приземний аналіз та супутниковий знімок під час гроз на фронті оклюзії над Кишиневом

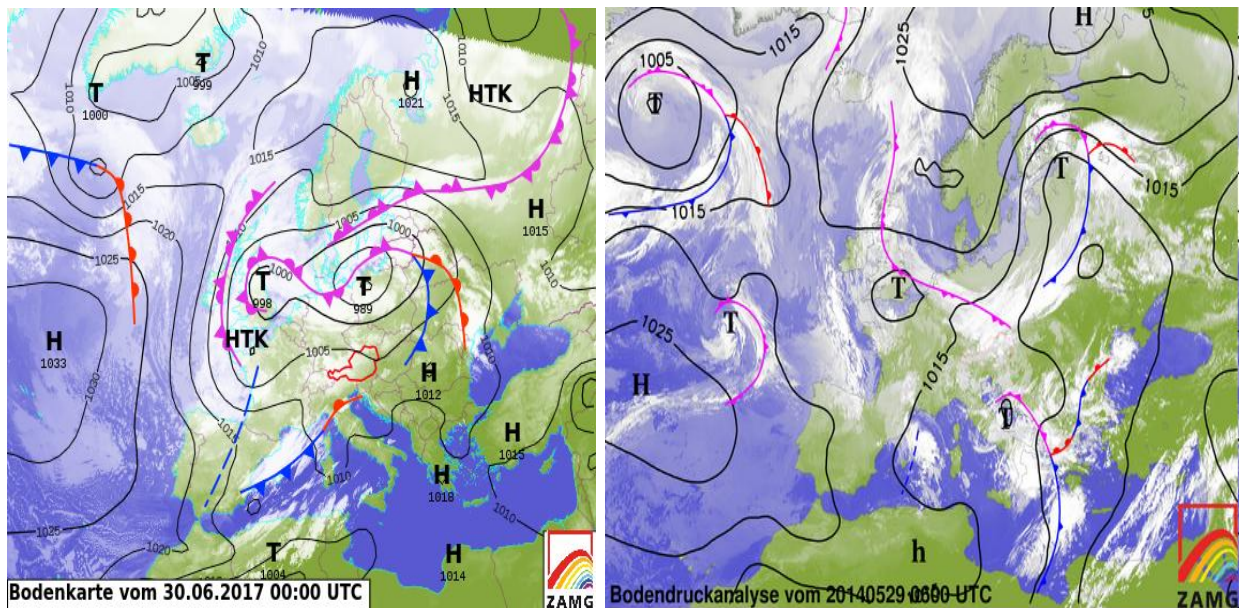


Рис. 3.16. Приземний аналіз та супутниковий знімок під час гроз на теплому фронті над Кишиневом

Грози на холодних фронтах переважно утворювалися у черні, вдвічі менше їх було у липні та серпні, отже влітку. По два випадки таких гроз спостерігалося у травні та вересні (рис. 3.17).

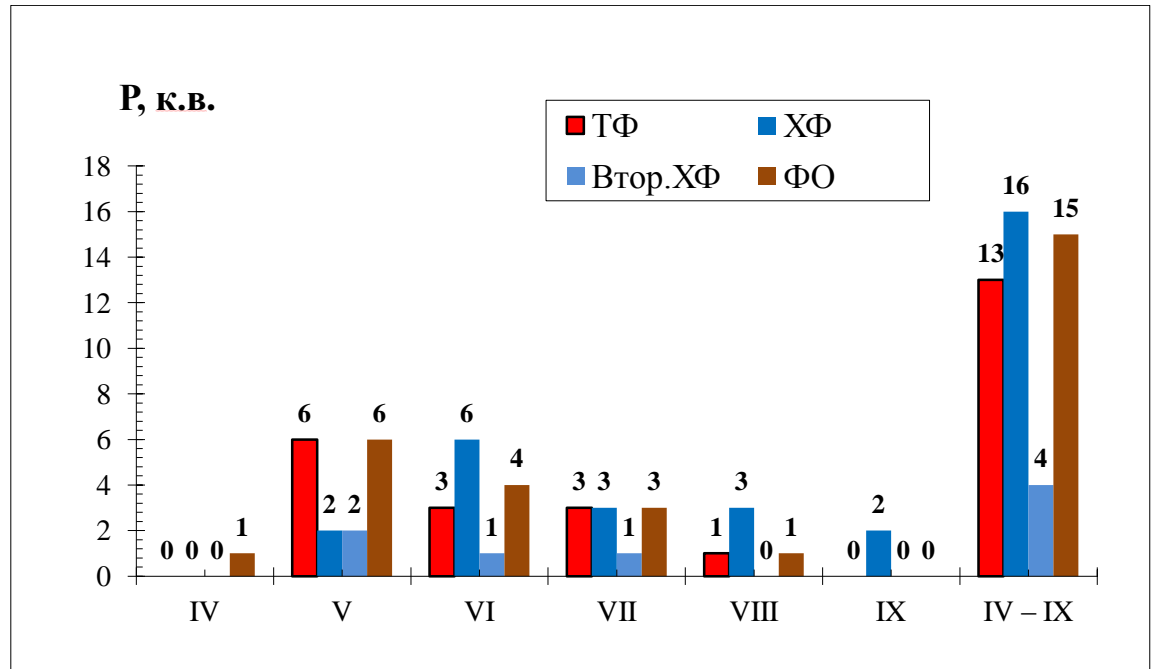


Рис. 3.17. Повторюваність гроз на атмосферних фронтах, на ст. Кишинів, 2013-2018 рр.

На теплому фронті більшість гроз (майже половина) виникала у травні, вдвічі менше у червні та липні, а одного разу – у серпні.

На фронті оклюзії також грози переважно формувалися у травні, дещо меш активно їх утворення відбувалося у червні та липні, та по одному випадку спостерігалося у квітні та серпні.

Як звісно, над Молдовою, як і над південним заходом України [1, 3] переважають периферійні атмосферні процеси, але фронтальні грози утворюються при пересуванні над регіоном дослідженні циклонів або при заостренні атмосферних фронтів на у перехідних зонах між баричними утвореннями різних знаку. Непряму оцінку інтенсивності циркуляційних процесів можна зробити через аналіз кількості замкнених ізобар баричного утворення, яке визначало погодні умови під час грози над Кишиневом. Як видно з табл. 3.2, за весь період більше половини гроз виникали під впливом циклонів з однією замкненою ізобарою.

Таблиця 3.2 - Кількість замкнутих ізобар баричного утворення, пов'язаного з грозою над Кишиневом. 2013-2018 рр.

Місяць	Кількість замкнутих ізобар			
	1	2	3	4
III	0	1	0	0
IV	1	0	0	0
V	3	3	0	0
VI	0	0	2	1
VII	3	0	0	0
VIII	1	0	0	0
IX	0	0	1	0
III-IX	8	4	3	1

Отже, над Кишиневом з 2013 по 2018 рр. переважали внутришньомасові грози та грози на холодному фронті.

4 ТЕРМОДИНАМІЧНІ УМОВИ УТВОРЕННЯ ГРОЗ

4.1 Індeksi нестійкості атмосфери

Сьогодні в деяких прогностичних моделях погоди (наприклад, негідростатичних мезомасштабних моделях MM5 та WRF) для прогнозу розвитку грози, граду, шквалу та інших небезпечних явищ погоди, обумовлених розвитком конвекції, практикується використання значень індексів, що характеризують конвекцію за низкою параметрів [8].

Кількісні значення індексів нестійкості, що розраховані на основі даних аерологічних зондування, дозволяють визначити потужність конвекції і, як наслідок, ймовірність розвитку того чи іншого небезпечного конвективного явища в альтернативних прогнозах.

Одним з найбільш часто використовуваних індексів є така характеристика потужності нестійкого шару, як конвективна потенційна енергія. Її досить ефективно відображає індекс CAPE (Convective Available Potential Energy), який розраховується за формулою:

$$CAPE = g \int_{LFCT}^{EL} dz * (Ti - Te) / Te, \quad (4.1)$$

де T_i – температура частки повітря, T_e – температура навколишнього повітря, g – прискорення вільного падіння, $LFCT$ – рівень конденсації, EL – рівень конвекції.

Загальний запас енергії нестійкості в атмосфері CAPE знаходиться як алгебраїчна сума енергій нестійкості окремих шарів від рівня конденсації до рівня конвекції.

Більш високі значення енергії нестійкості вказують на більш інтенсивну конвекцію в хмарі, тобто на більш небезпечні явища погоди. Енергія нестійкості або індекс CAPE є незмінним предиктором в прогнозі небезпечних явищ, пов'язаних з конвекцією. Високий рівень потенційної енергії атмосфери є неодмінною умовою того, що піднімається частка досягне значно більших висот, ніж рівень вільної конвекції, а отже, збільшується небезпека розвитку таких явищ погоди як гроза і град.

Аналіз значень цього індексу в конвективній атмосфері дозволить кількісно оцінити ступінь розвитку конвекції і ймовірність утворення грози і граду (табл. 5.1).

Таблиця 4.1 – Інтенсивність конвективних явищ за CAPE

CAPE, Дж/кг	Очікувана ситуація
400-1000	невелика нестійкість (Cu, Cb, слабкі зливові опади)
1000-2500	помірна нестійкість (Cb зі зливами, грози)
2500-3500	сильна нестійкість (грози, місцями сильні)
> 3500	дуже сильна нестійкість (сильні і дуже сильні грози, смерчі)

Індекси нестійкості K_i - індекс нестійкості або число Вайтінга (W). Розрахунок K_i заснований на вертикальному градієнті температури, вологості повітря в нижній тропосфері, а також враховує вертикальну протяжність вологого шару повітря. K_i характеризує ступінь конвективної нестійкості повітряної маси, яка необхідна для виникнення і розвитку гроз:

$$K_i = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - \Delta Td_{700}, \quad (4.2)$$

де K_i – індекс нестійкості (число Вайтінга), T_{850} – температура повітря на ізобаричній поверхні 850 гПа, T_{500} – температура повітря на 500 гПа, Td_{850} - точка роси на 850 гПа, ΔTd_{700} - дефіцит точки роси на поверхні 700 гПа.

Індекс K_i краще за все використовувати влітку для прогнозування внутрішньомасових гроз. Порогові значення з табл. 4.2 можуть змінюватися залежно від сезону, географії та синоптичної ситуації.

Таблиця 4.2 – Порогові значення індексу нестійкості Вайтінга

Значення K_i	Що очікується	Співвідношення площі, де очікують грозу до території за якою складено прогноз, %
< 20	без гроз	-
20-25	окремі ізольовані грози	10-20
25-30	кілька гроз	20-50
30-35	розсіяні грози	50-70
35-40	численні грози	> 70
> 40	грози повсюдно	100

Наступний індекс нестійкості, це вертикальний індекс VT (Vertical Totals):

$$VT = T_{850} - T_{500}, \quad (4.3)$$

де T_{850} - температура повітря на ізобаричній поверхні 850 гПа, T_{500} - температура повітря на 500 гПа. Якщо $VT > 28$ °С, то тропосфера має високий потенціал конвективної нестійкості, який достатній для утворення гроз.

Далі, індекс СТ - Cross Totals (табл. 4.3):

$$CT = Td_{850} - T_{500}, \quad (4.4)$$

де Td_{850} - точки роси на 850 гПа, T_{500} - температура повітря на 500 гПа.

Таблиця 4.3 – Інтенсивність конвективних явищ за СТ

Значення СТ	Очікувана ситуація
< 18	Тропосфера володіє низьким потенціалом конвективної нестійкості, який недостатній для грозової діяльності
18-19	Помірна нестійкість. Слабка грозова діяльність
20-21	Висока нестійкість. Грози.
22-23	Енергія нестійкості при якій можливі сильні грози.
24-25	Висока енергія нестійкості. Сильні грози.
> 25	Дуже висока енергія нестійкості. Дуже сильні грози.

На основі двох попередніх індексів (VT та СТ) складається підсумковий індекс ТТ – (Total Totals):

$$TT = VT + CT, \quad (4.5)$$

де СТ - Cross Totals індекс, VT - Vertical Totals індекс.

Таблиця 4.4 – Інтенсивність конвективних явищ за ТТ

Значення ТТ	Очікувана ситуація
< 44	Грозова діяльність не можлива
44-45	Окрема гроза або кілька гроз
46-47	Розсіяні грозові осередки
48-49	Значні кількість гроз, окремі з яких сильні.
50-51	Розсіяні сильні грозові осередки, окремі осередки зі смерчем
52-55	Значна кількість вогнищ сильних гроз, окремі осередки зі смерчем
> 55	Численні сильні грози з сильними смерчами

Метеорологами ВПС США (1994 р.) був розроблений комплексний критерій для діагнозу і прогнозу небезпечних і стихійних явищ погоди, пов'язаних з конвективною хмарністю – індекс нестійкості SWEAT – (Severe Weather ThrEAT), який містить в себе індекс нестійкості повітряної маси, швидкість і зсув вітру.

$$\text{SWEAT} = 12 \cdot Td_{850} + 20 \cdot (TT - 49) + 3,888 \cdot F_{850} + 1,944 \cdot F_{500} + (125 \cdot (\sin(D_{500} - D_{850}) + 0,2)), \quad (4.6)$$

де Td_{850} - точка роси на 850 гПа ($^{\circ}\text{C}$), TT - Total Totals індекс, F_{850} - швидкість вітру (м/с) на 850 гПа, F_{500} - швидкість вітру (м/с) на 500 гПа, D_{500} і D_{850} - напрямок вітру (град.) на відповідних поверхнях.

Другий член рівняння буде дорівнювати 0, якщо $TT \leq 49$. Останній доданок у формулі буде рівнятися нулю, якщо не виконується будь-яке з наступних умов:

- D_{850} в діапазоні від 130 до 250 градусів;
- D_{500} в діапазоні від 210 до 310 градусів;
- різниця в напрямку вітру ($D_{500} - D_{850}$) > 0 ;
- F_{850} і F_{500} швидкості вітру ≤ 7 м/с.

Таблиця 4.5 – Інтенсивність конвективних явищ за SWEAT

Значення SWEAT	Очікувана ситуація
< 250	немає умов для виникнення сильних гроз
250-350	сильні грози, град і шквали
350-400	дуже сильні грози, великий град та сильні шквали
> 400	дуже сильні грози, великий град, сильні шквали, сильні смерчі

Індекс підйому Li (Lifted index) - різниця температур навколишнього повітря і деякого одиничного обсягу, який піднявся адіабатично від поверхні землі (або з заданого рівня) до рівня 500 гПа. Li розраховується з урахуванням залучення навколишнього повітря. Індекс Li характеризує термічну стратифікацію атмосфери по відношенню до вертикальним переміщенням повітря. Якщо $Li > 0$, то атмосфера (у відповідному шарі) стійка. Якщо значення $Li < 0$, то атмосфера нестійка (табл.. 4.6).

Таблиця 4.6 – Інтенсивність конвективних явищ за індексом Li

Значення Li	Очікувана ситуація
≥ 6	Глибока інверсія. Атмосфера дуже стійка. Розвинені низхідні рухи повітря
1...5	Стійкий стан атмосфери. Купчасті хмарність гарної погоди.
-2...0	Невелика нестійкість. Конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом.
-5...-3	Помірна нестійкість. Сильні грози
≤ -6	Висока нестійкість. Дуже сильні грози.

Індекс Томсона - Ti (Thompson index):

$$Ti = Ki - Li, \quad (4.7)$$

де Ki - індекс нестійкості(число Вайтінга), Li - Lifted index.

Таблиця 4.7 – Інтенсивність конвективних явищ за індексом Томсона (Ti)

Значення Ti	Очікувана ситуація
<25	без гроз
25-34	можливі грози
35-39	грози, місцями сильні
≥ 40	сильні грози

Індекс Шоуолтера – SHW (Showalter index):

$$SHW = T_{500}^B - T_{850}^B, \quad (4.8)$$

де T_{850}^B - температура частки, що адіабатично піднімається з поверхні 850 гПа до 500 гПа (по вологій адіабаті з рівня конденсації), T_{500} - температура повітря на рівні 500 гПа.

Якщо в шарі 850-500 гПа спостерігаються інверсійні шари (незалежно від походження), даний метод не спрацьовує. Індекс Шоуолтера для території Східної Європи найбільш показовий для прогнозу вечірніх гроз (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Інтенсивність конвективних явищ за індексом SHW

Значення SHW	Очікувана ситуація
> 3	немає конвекції
1...3	є умови для розвитку конвекції
-2...-1	можливі слабкі грози
-3...-2	можливі грози, шквали (місцями сильні)
-6...-4	можливі сильні грози, шквали
< -6	можливі дуже сильні грози, шквали, смерчі

Індекс Балка Ричардсона (Bulk Richardson Number) ІБР або BRN є безрозмірною величиною в метеорології, яка об'єднує вертикальну стійкість і вертикальний зсув (як правило, стабільність, що розділена зсувом). Він являє собою відношення турбулентності, що викликана термічними процесами до турбулентності, що викликана вертикальним зрушенням вітру. Практично, значення індексу BRN показують, чи є конвекція вільної або примусовою. Високі значення індексу означають нестійкість і/або слабкі вертикальні зсуви в навколишньому середовищі. Низькі значення індексу вказують на слабку нестійкість і/або сильний зсув вітру. Зазвичай значення BRN в межах від 10 до 45 означають сприятливі умови для розвитку суперосередка. BRN розраховується за формулою:

$$BRN = \frac{CAPE}{0,5 \cdot (U_{6km} - U_{500m})^2}, \quad (4.9)$$

де $U_{6 km}$ - швидкість вітру на висоті 6 км; $U_{500 m}$ - швидкість вітру на висоті 500 м; CAPE - доступна конвективна потенційна енергія.

Зазвичай, при $BRN < 10$, вертикальний зсув домінує над плавучістю. При значеннях індексу від 10 до 45 зсув буде врівноважувати плавучість, а такі умови сприятливі для розвитку потужних суперосередків. При $BRN > 45$ через значний кут нахилу висхідних потоків, суперосередки не будуть спостерігатися.

Індекс LOSHR - векторна різниця між вітром на рівнях 1 км і 10 м. Критеріальне значення індексу 10 м/с (смерч). Одиниці вимірювання: м/с

$$LOSHR = V_{1km} - V_{sfc} \quad (4.10)$$

Індекс SHEAR– величина вертикального зсуву вітру в шарі 0-6 км вище рівня землі. Одиниці вимірювання: м/с

4.2 Аналіз індексів нестійкості напередодні гроз над Молдовою у тепле півріччя 2017-2018 рр.

При прогнозуванні виникнення грози, граду, шквалу та інших небезпечних явищ погоди, які обумовлені розвитком конвекції, практикується використання значень індексів, що характеризують конвекцію за низкою параметрів [8].

Для аналізу термодинамічного стану атмосфери над Молдовою за основними індексами конвекції обрані всі випадки гроз за 2017 та 2018 рр., для яких за даними [12] прораховані основні індекси конвекції (табл. 4.9)

Число Вайтінга або *Ki index* демонструє готовність атмосфери до виникнення гроз по всій території на 100 % на ст. Кишинів, яка забезпечується прогнозом. Вертикальний індекс перевищує у більшості випадків 40°C, тобто тропосфера має високий потенціал конвективної нестійкості, який достатній для утворення гроз. На ст.Белць, Брічень та Кагул *Ki index* демонструє готовність атмосфери до виникнення декількох гроз 20-50% та чисельних гроз більше 70%. Вертикальний індекс перевищує у більшості випадків 25°C та 35 °C. На ст.Кагул *Ki index* демонструє готовність атмосфери до виникнення окремих ізольованих гроз 10-20% та чисельних гроз більше 70%. Вертикальний індекс перевищує у більшості випадків 20°C та 35 °C.

За значенням індексу СТ (*Cross total*), на ст. Кишинів в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі сильні грози 2 рази та дуже сильні грози теж 2 рази, в одному випадку індекс не виявив умов для розвитку конвекції взагалі.

На ст. Белць в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі сильні грози 5 разів, у 2 випадках очікувалась слабка грозова діяльність. На ст. Брічень в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі сильні грози один раз, в одному випадку очікувалась слабка грозова діяльність.

Таблиця 4.9 – Значення індексів конвекції над Молдовою при грозі
(2017-2018 рр.)

Дата	CAPE	CAPE*SHEA	Сдвиг ветр	CIN	Lifted index (l	Storm Relative Helicity	VT	Ki	CT	TT	Ti	SWEAT	
Кишинев													
02.07.2017	0	0	0	0	0	0	0	22	32	18	40	32	1
25.07.2017	600	0	0	0	0	0	0	28	36	21	49	36	212
27.07.2017	700	0	0	0	0	0	0	27	30	21	48	30	155
28.07.2017	100	0	0	0	0	0	0	24	35	24	48	35	91
06.08.2017	300	0	0	0	0	0	0	29	33	20	49	33	292
14.08.2017	200	0	0	0	0	0	0	29	47	20	49	47	305
15.03.2018	0	0	0	0	2	60	60	28	14	26	54	12	236
24.05.2018	600	10	2	-30	-2	30	30	29	25	23	52	27	300
16.06.2018	900	180	6	0	-4	0	0	26	25	21	47	29	11
22.06.2018	2200	620	16	-30	-6	130	30	30	35	22	52	41	114
28.06.2018	2400	840	17	-10	-9	190	31	30	19	50	39	75	
29.06.2018	800	330	11	-10	-4	50	27	38	24	51	42	240	
30.06.2018	400	90	2	0	-2	20	25	29	21	46	31	180	
07.07.2018	1000	200	6	-40	-3	70	28	29	21	49	32	244	
18.07.2018	700	50	2	0	-4	0	27	29	21	48	33	8	
24.07.2018	800	30	2	-10	-3	30	26	33	22	48	36	44	
28.07.2018	900	130	5	0	-3	20	25	34	21	46	37	4	
31.07.2018	800	50	2	0	-3	0	29	40	22	51	43	253	
05.09.2018	300	100	8	-20	-1	40	26	22	17	43	23	96	
19.11.2018	0	0	15	0	17	530	20	29	33	53	12	289	
Бэлць													
12.07.2017	700	0	0	0	0	0	25	32	18	43	32	140	
28.07.2017	300	0	0	0	0	0	24	32	24	48	32	196	
06.08.2017	900	0	0	0	0	0	27	27	18	45	27	86	
04.09.2017	1000	0	0	0	0	0	26	33	24	50	33	263	
10.05.2018	1200	0	0	-10	-5	30	28	31	21	49	36	104	
20.05.2018	600	200	8	0	-2	20	27	29	24	51	31	243	
09.06.2018	900	170	7	-10	-4	30	28	35	22	50	39	213	
12.06.2018	900	390	14	-50	-5	160	29	30	21	50	35	206	
16.06.2018	1100	300	9	-10	-4	50	27	26	20	47	30	112	
22.06.2018	1900	610	14	0	-7	170	24	33	24	48	40	166	
29.06.2018	500	160	6	-20	-3	10	25	31	23	48	34	280	
10.07.2018	1200	180	6	-20	-4	60	27	34	20	47	38	195	
25.07.2018	900	40	1	0	-3	0	26	36	24	50	39	333	
28.07.2018	1000	60	2	0	-4	10	25	35	22	47	39	182	
30.07.2018	1300	100	4	0	-5	50	25	27	20	45	32	103	
Бричень													
27.07.2017	600	0	0	0	0	0	24	26	22	46	26	0	
17.08.2017	600	0	0	0	0	0	29	34	22	51	34	97	
26.04.2018	400	0	0	-10	-2	180	29	28	22	51	30	138	
05.05.2018	1200	0	0	-70	-5	210	31	25	18	49	30	192	
14.06.2018	1300	460	11	-10	-6	70	29	35	25	54	41	287	
16.06.2018	500	190	8	0	-2	90	27	26	20	47	28	118	
28.06.2018	1000	410	13	-80	-5	120	31	29	20	51	34	304	
29.06.2018	900	150	6	0	-4	10	25	34	22	47	38	172	
24.07.2018	1300	50	0	0	-4	10	25	34	23	48	38	70	
26.07.2018	600	20	1	0	-3	0	24	33	23	47	36	178	
28.07.2018	1100	130	5	0	-5	10	25	34	22	47	39	261	
31.07.2018	2100	40	2	0	-6	0	28	36	23	51	42	264	
06.08.2018	800	350	10	0	-4	40	26	34	22	48	38	165	
17.08.2018	1100	160	6	-30	-4	60	29	31	20	49	35	136	

Продовження табл. 4.9

Штефан Воде												
12.07.2017	200	0	0	0	0	0	27	24	19	46	24	213
22.07.2017	100	0	0	0	0	0	30	33	20	50	33	190
25.07.2017	300	0	0	0	0	0	30	36	22	52	36	263
27.07.2017	2400	0	0	0	0	0	29	32	20	49	32	73
28.07.2017	1400	0	0	0	0	0	27	39	25	52	39	201
14.08.2017	700	0	0	0	0	0	26	33	20	46	33	134
15.08.2017	800	0	0	0	0	0	29	32	18	47	32	131
21.08.2017	300	0	0	0	0	0	27	31	21	48	31	144
07.05.2018	1000	0	0	0	-4	110	28	30	21	49	34	235
05.06.2018	700	50	2	-10	-2	40	28	35	21	49	37	230
16.06.2018	1200	200	4	0	-5	0	26	32	21	47	37	112
29.06.2018	500	260	12	-50	-2	110	28	38	25	53	40	170
10.07.2018	600	240	10	0	-2	20	28	33	20	48	35	234
25.07.2018	400	90	6	-10	-1	40	25	38	23	48	39	204
31.07.2018	500	100	4	-10	-2	0	29	38	21	50	40	213

Кагул												
06.07.2017	500	0	0	0	0	0	26	26	22	48	26	283
27.07.2017	1100	0	0	0	0	0	26	29	21	47	29	26
08.06.2018	100	140	12	-30	-1	110	26	29	18	44	30	34
22.06.2018	400	290	14	100	-3	290	28	30	20	48	33	114
27.06.2018	700	450	16	0	-4	100	25	31	19	44	35	184
29.06.2018	1000	460	14	0	-5	0	27	37	25	52	42	255
10.07.2018	1100	400	13	-20	-6	120	27	35	24	51	41	112
18.07.2018	500	10	4	0	-2	10	28	32	20	48	34	126
23.07.2018	500	30	1	-10	-2	10	27	36	24	51	38	253
25.07.2018	700	100	3	-10	-2	30	24	37	22	46	39	166
28.07.2018	700	200	6	0	-4	30	24	35	22	46	39	248
31.07.2018	400	50	4	-10	-2	10	26	36	21	47	38	172

На ст.Штефан Воде в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі сильні грози 2 рази, у 2 випадках очікувалась слабка грозова діяльність. На ст.Кагул в атмосфері була присутня висока енергія нестійкості при якій можливі сильні грози один раз, у 2 випадках очікувалась слабка грозова діяльність.

Підсумковий індекс (ТТ) на ст. Кишинів свідчить про значну кількість вогнищ сильних гроз та окремі осередки зі смерчем у 4 випадках. В одному випадку при ТТ < 44 °С, тобто коли за вказаним індексом не очікується умов для грозової діяльності. Решта випадків – значна кількість гроз, окремі з яких сильні. На ст.Белць індекс свідчить про розсіяні сильні грозові осередки, окремі осередки зі смерчем у 5 випадках. В одному випадку при ТТ < 44 °С,

тобто коли за вказаним індексом не очікується умов для грозової діяльності. На ст.Брічень індекс свідчить про розсіяні сильні грозові осередки, окремі осередки зі смерчем у 4 випадках. В одному випадку очікувалась значна кількість вогнищ сильних гроз, окремі осередки зі смерчем. На ст.Штефан Воде індекс свідчить про кількість вогнищ сильних гроз, окремі осередки зі смерчем у 3 випадках. В одному випадку очікувалась значна кількість вогнищ сильних гроз, окремі осередки зі смерчем. Решта випадків – значна кількість гроз, окремі з яких сильні. На ст.Кагул індекс свідчить про розсіяні грозові осередки у 4 випадках. В одному випадку очікувалась значна кількість вогнищ сильних гроз, окремі осередки зі смерчем.

За значенням комплексного індексу SWEAT на ст.Кишинів для більшості випадків не було умов для виникнення сильних гроз, за винятком 5 випадків, коли очікувалися сильні грози, град і шквали. На ст.Белць для більшості випадків не було умов для виникнення сильних гроз, за винятком 3 випадків, коли очікувалися сильні грози, град і шквали. На ст.Брічень для більшості випадків не було умов для виникнення сильних гроз, за винятком 4 випадків, коли очікувалися сильні грози, град і шквали. На ст.Штефан Воде для більшості випадків не було умов для виникнення сильних гроз, за винятком одного випадку, коли очікувалися сильні грози, град і шквали. На ст.Кагул для більшості випадків не було умов для виникнення сильних гроз, за винятком 3 випадків, коли очікувалися сильні грози, град і шквали.

Додатні значення (2 випадки) індексу підйому (Lifted index) на ст.Кишинів передбачають наявність інверсії температури, коли атмосфера дуже стійка та є розвинені низхідні рухи повітря. Двічі індекс підйому знизився до $-9...-6$ °C, що вказувало на високу нестійкість атмосфери та можливість дуже сильних гроз. У 8 випадках невелика нестійкість, конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом. Решта випадків – помірна нестійкість та сильні грози. На ст.Белць в одному випадку індекс підйому знизився до -7 °C, що вказувало на високу нестійкість атмосфери та можливість дуже сильних гроз. У 5 випадках невелика нестійкість, конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом. Решта випадків – помірна нестійкість та сильні грози. На ст.Брічень двічі індекс підйому

знизився до -6°C , що вказувало на високу нестійкість атмосфери та можливість дуже сильних гроз. У 4 випадках невелика нестійкість, конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом. Решта випадків – помірна нестійкість та сильні грози. На ст.Штефан у 2 випадках помірна нестійкість та сильні грози. Решта випадків – невелика нестійкість, конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом. На ст.Кагул в одному випадку індекс підйому знизився до -6°C , що вказувало на високу нестійкість атмосфери та можливість дуже сильних гроз. У 4 випадках помірна нестійкість та сильні грози. Решта випадків – невелика нестійкість, конвективна хмарність зі зливами, при інтенсивному денному прогріванні або в зоні атмосферного фронту - з грозами та градом.

Таким чином, напередодні виникнення гроз над Молдовою тропосфера мала високий потенціал конвективної нестійкості, але найчастіше перед грозою критичних критерії досягали індекси Вайтинга та підйому, тому що індекси конвекції по-різному відображають стан термічної стійкості.

4.3 Умови утворення грози над Кишиневом 22 червня 2018 р.

Одна з сильних гроз зі зливою над Кишиневом у тепле півріччя 2018 р. спостерігалася з 17 год. 22 червня до 02 год. 23 червня 2018 р. Вона завдала значних збитків муніципальному господарству через знеструмлення декількох кварталів, затоплення помешкань та вулиць у пригороді Ватра (рис. 4.1).

За даними приземних карт за 12 та 18 UTC погодні умови на території Молдови визначалися проходженням холодної ділянки полярного фронту, лінія якого простиралася від півдня Східної Європи до півночі ЄТР (рис. 4.2а,б). Цей фронт пов'язаний з оклюдованим циклоном з чотирма замкненими ізобарами та мінімальним атмосферним тиском 985-990 гПа, центр якого розташовувався над Балтійським морем.

Впродовж другої половини доби спостерігалася проходження фронтального розділу через територію Молдову з випадінням інтенсивних зливових опадів з грозами (рис. 4.2в).

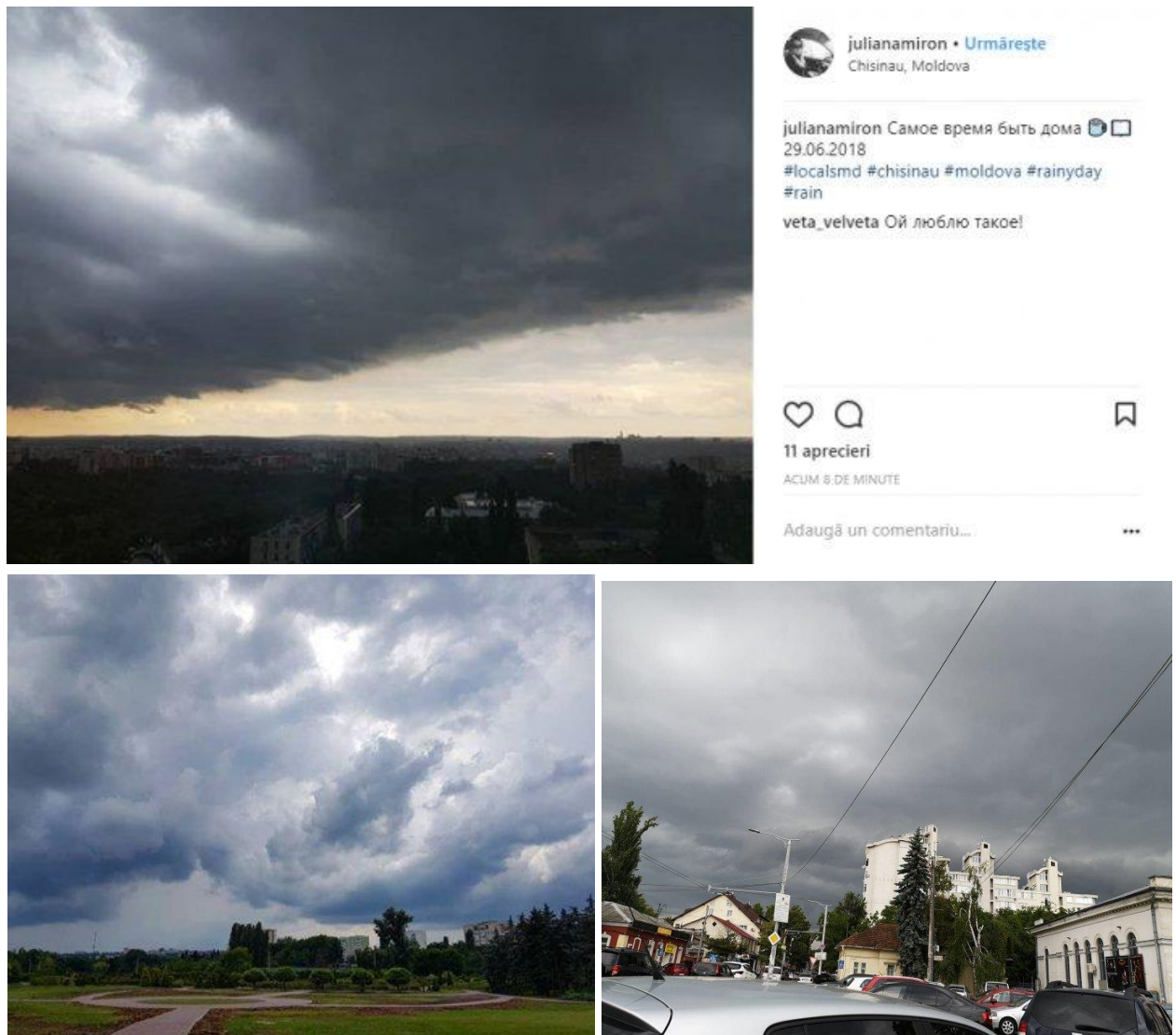


Рис. 4.1. Фотографії з соціальних мереж мешканців Кишиневу
22 червня 2018 р.

За розрахунком значень індексу нестійкості CAPE (рис. 4.2д) в 12 UTC видно як зона нестійкої стратифікації охоплює північ та центр Молдови, а у 18 UTC її ділянка зі значеннями вище 2500 Дж/кг знаходиться над Кишиневом.

Для розрахунку основних параметрів конвекції для даного випадку використовувалися дані моделі GFS з кроком 50 км ($0,5^\circ$ меридіану) зі стартом реалізації 12 UTC (+3 год.) та 18 UTC [12]. Результати розрахунків представлені на рис. 4.3-4.8.

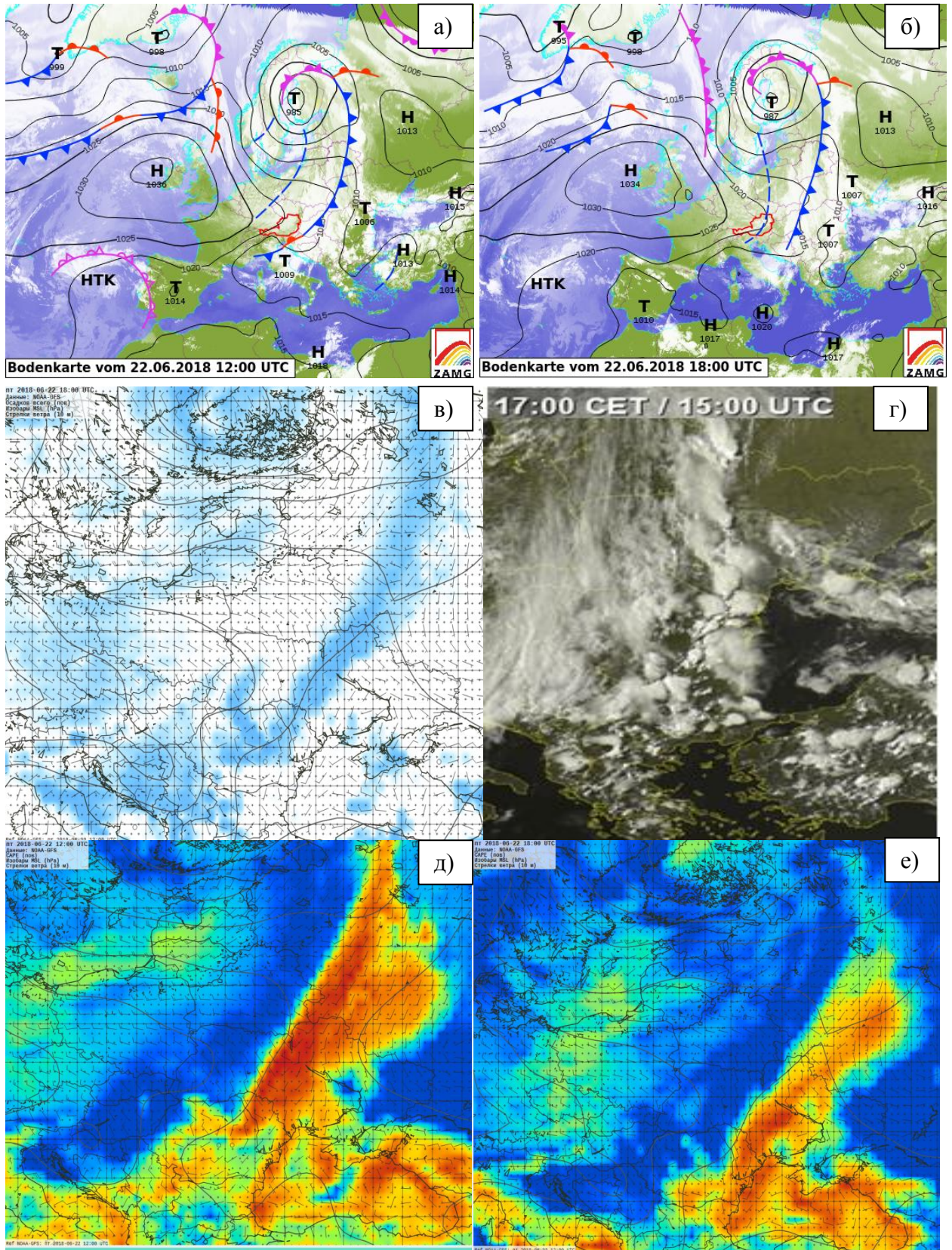


Рис. 4.2. Приземний аналіз (12 та 18 UTC), супутникові знімки (а, б, г), прогноз опадів на 17 год. (в) та індексу CAPE на 12 UTC (д) та 18 UTC (е) 22 червня 2018 р. за GFS

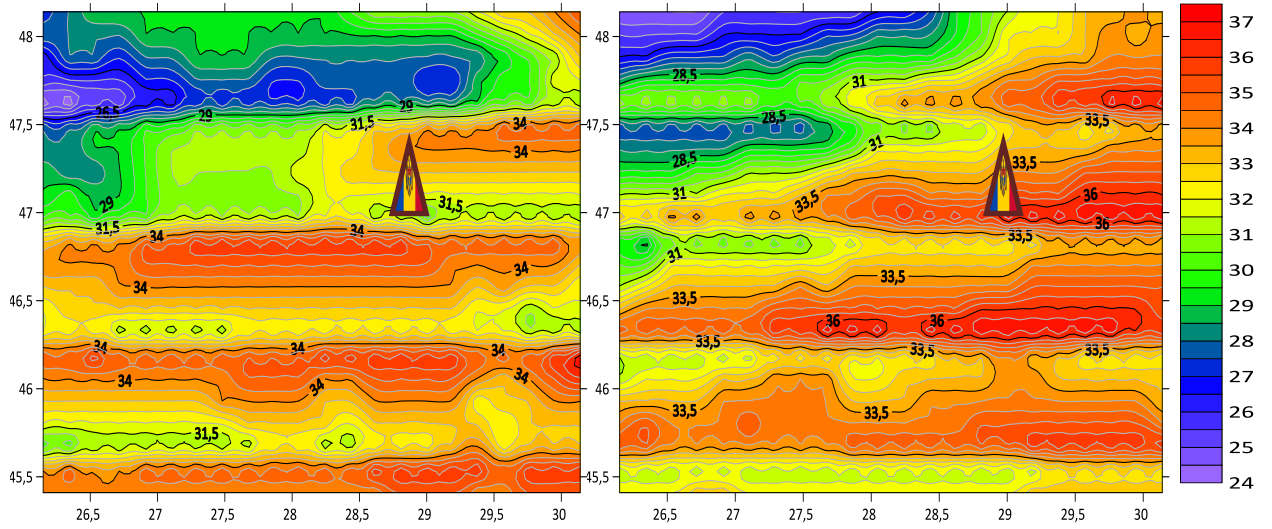


Рис. 4.3. Карта значень індексу Вайтинг за 15 і 18 UTC 22.06.18 р.

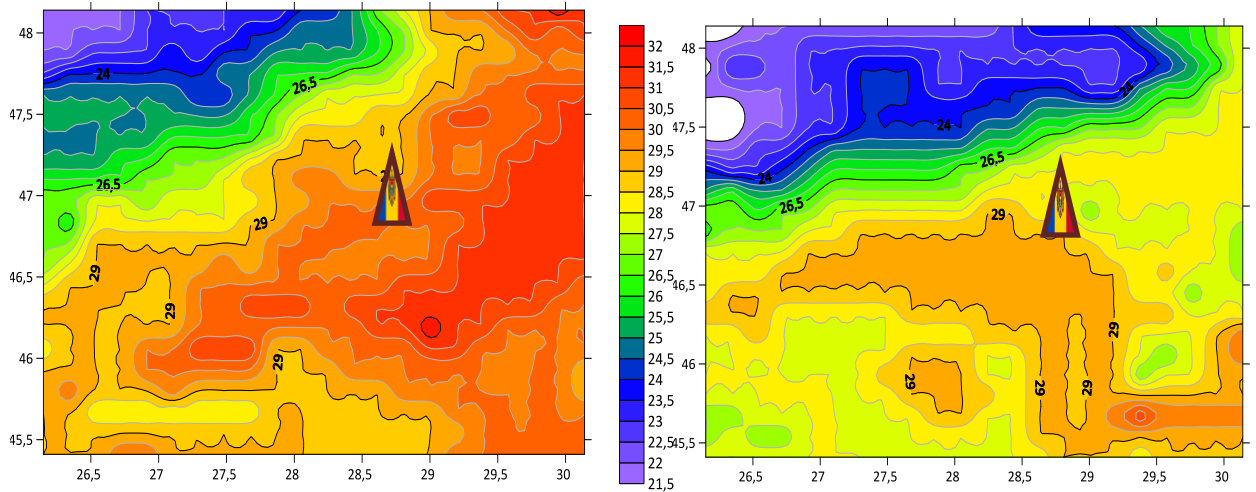


Рис. 4.4. Карта значень індексу VT за 15 і 18 UTC 22.06.18 р.

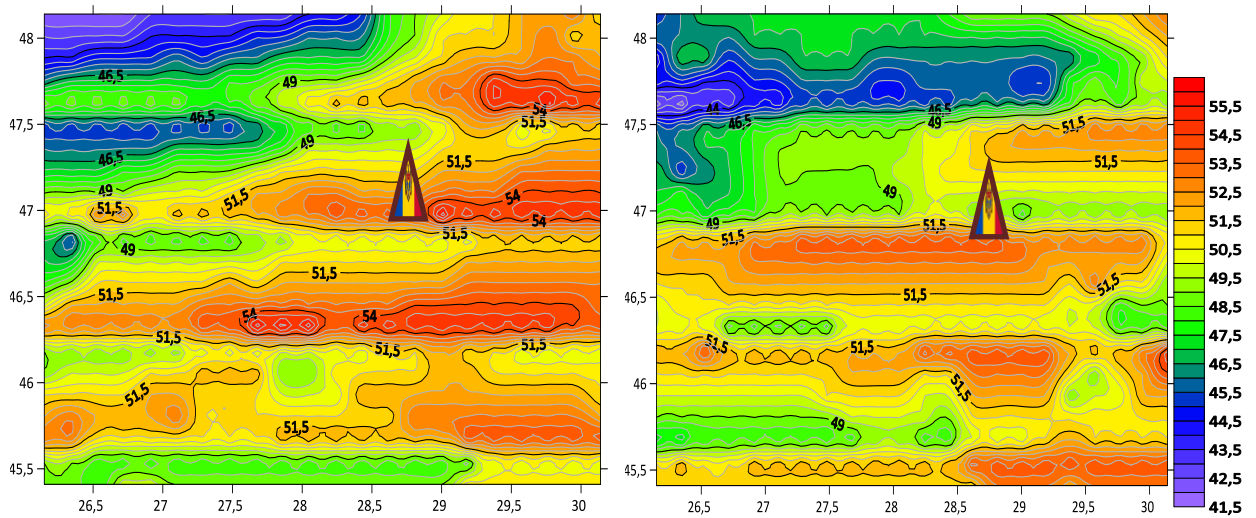


Рис. 4.5. Карта значень індексу TT за 15 і 18 UTC 22.06.18 р.

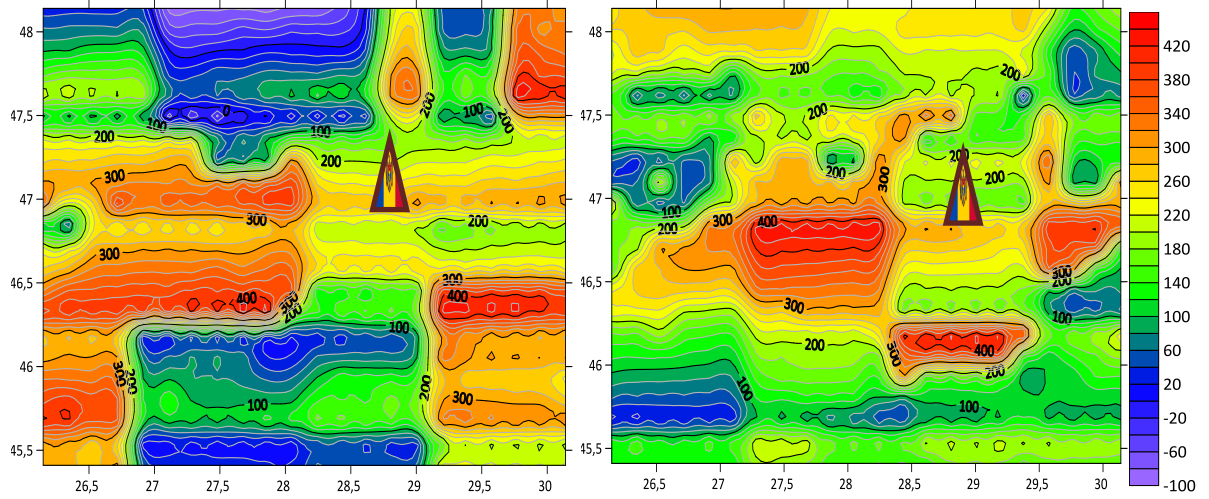


Рис. 4.6. Карта значень індексу SWEAT за 15 і 18 UTC 22.06.18 р.

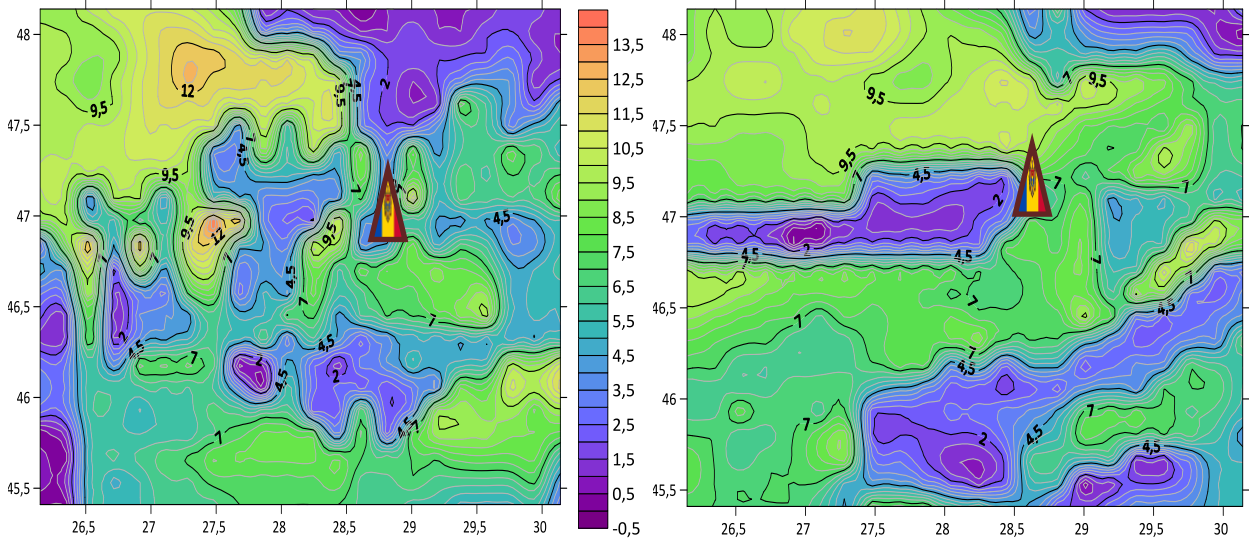


Рис. 4.7. Карта значень індексу LOSHR за 15 і 18 UTC 22.06.18 р.

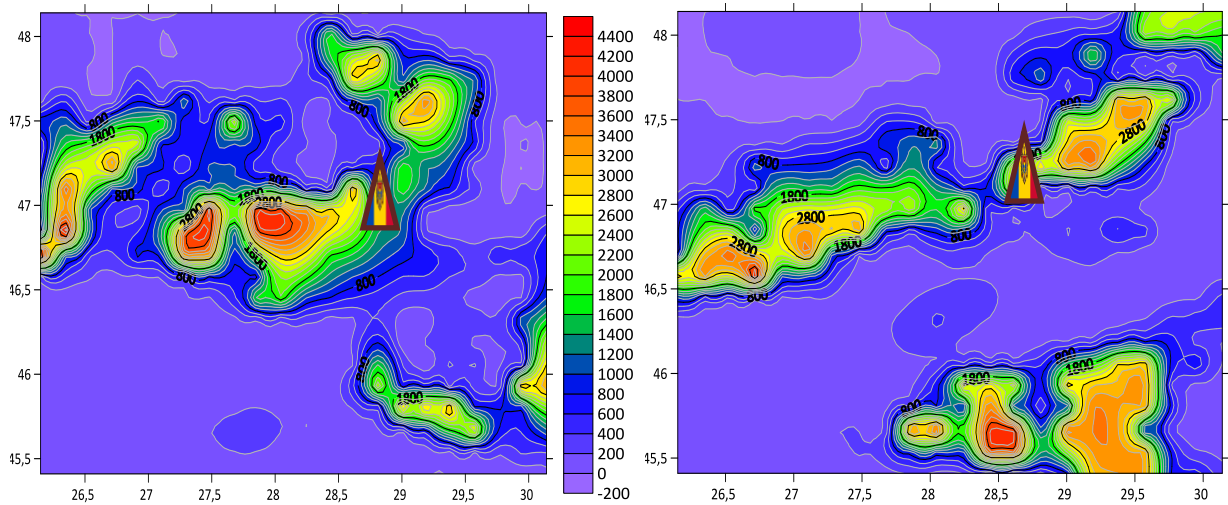


Рис. 4.8. Карта значень індексу BRN за 15 і 18 UTC 22.06.18 р.

Індекси нестійкості K_i або число Вайтинга (рис. 4.3) демонструє перевищення 30 майже над всією територією розрахунку, але в 18 год. цей індекс в районі Кишинева вузьку смугу підвищених значень (> 36 °C, тобто числені грози.)

Інший індекс нестійкості Vertical Totals (VT), який є різницею між температурою на рівнях 850 та 500 гПа та відображає вертикальний градієнт температури повітря та потенціал її нестійкості, також у перший строк (15 UTC) перевищував критерій, достатній для утворення гроз (28 °C), але у 18 UTC, після початку зливових опадів значення VT зменшився від 30-32 до 28 °C над Кишиневом (рис. 4.4).

Індекс TT відображає готовність атмосфери до розвитку гроз над центром Молдови (рис. 4.5), яка знижується після їх початку. Наступний індекс SWEAT показує (рис. 4.6) можливість розвитку сильних гроз в районі Кишинева, але виявляє у 18 UTC окремі зони зі значеннями 350-420 Дж/кг на південний захід від Кишиневу.

Низький зсув вітру або індекс LOSHR (рис. 4.7) високих значень, які можуть свідчити про імовірність формування вихорів, в районі Кишиневу не досягає. Цей індекс перевищує небезпечні показники у тих районах, де немає умов для розвитку конвекції.

За значенням індексу Балка-Ричардсона (BRN) вдовж лінії холодного фронту переважають підвищені значення (рис. 4.8), тобто висхідні потоки мають значний кут нахилу та суперосередки є будуть спостерігатися.

Отже, розрахунок параметрів конвекції за даними глобальної моделі GFS з кроком 50 км та комплексний аналіз результатів може поліпшити завчасність прогнозу грози над Кишиневом у тепле півріччя.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи отримані наступні висновки:

1. На території Молдови з 2000 по 2018 рр. виявлено 9 смерчів, які територіально смерчі локалізувалися у вигляді трьох зон та спостерігалися з квітня по жовтень, а найчастіше (по 33,5 %) у червні та липні.
2. Над Молдовою грози спостерігалися з квітня по вересень за винятком поодиноких явищ у березні і жовтні. Основна кількість (70-80 %) гроз з опадами та сухих гроз виникала з травня по липень, причому максимум річного ходу гроз з опадами припадав на червень, а для сухих гроз – на липень, за винятком північної станції Брічень, де сухі грози найчастіше формувалися у червні, а з опадами – у липні.
3. Найчастіше грози з опадами спостерігалися у центрі Молдови (над Кишиневом), а сухі грози над південним заходом (Кагулом), тобто над засушливим Буджакським степом.
4. Найчастіше грози у супроводі опадів та без них відмічалися у вечірні години (18 та 21 UTC) над всіма пунктами дослідження.
5. В умовах грозової діяльності зберігається переважне північно-західний напрямок вітру. Найчастіше часто гроза починається при швидкості вітру 2-3 м/с (61 випадок), з травня по серпень було по 1 випадку грози при швидкості вітру 9-11 м / с.
6. Найчастіше можна спостерігати внутрішньо-масові грози (29%), потім грози на основних холодних фронтах (24%), а також на фронтах оклюзії (22%). На теплих фронтах грози також не рідкісне явище, 19%.
7. Найчастіше перед грозою критичних критерії досягали індекси Вайтинга та підйому, тому що індекси конвекції по-різному відображають стан термічної стійкості.
8. У другий половині доби 22 червня 2018 р. погодні умови на території Молдови визначалися проходженням холодної ділянки полярного фронту. Розрахунок параметрів конвекції за даними глобальної моделі GFS з кроком 50 км та комплексний аналіз результатів може збільшити завчасність прогнозу грози.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
2. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Смерчи и струйные течения низких уровней (обзор литературных источников) // Культура народов Причерноморья. 2006. № 73. С. 156-158.
3. Климат Кишинева / под редакцией Бабиченко Н.В., Шевкун Т.Г. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 167 с.
4. Звягінцева О.А. Семергей-Чумаченко А.Б. Конвективні явища над Молдовою // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 02-08 травня 2018 р. С. 308-310.
5. Семергей–Чумаченко А.Б., Кроленко Ю.І. Смерчі над південним заходом України // Вестник ГМЦ ЧАМ. 2018.- № 1 (21). С. 29-41.
6. European Severe Weather Database. <http://www.essl.org/ESWD/> (дата звернення 11.11.2018 р.).
7. European Storm Forecast Experiment [Електронний ресурс] – режим доступу <http://www.estofex.org> (accessed 20.11.2018)
8. <http://flymeteo.org/stat/indexneust.php> (accessed 25.11.2018)
9. Nedealcov Maria. Schimbarea climei în republica Moldova în perioada observațiilor instrumentale // Academos, decembrie 2012, nr. 4 (27), Geografie. P. 88-94.
10. Nedealcov Maria. Un produs științific performant: Atlasul „resursele climatice ale Republicii Moldova // Academos, septembrie 2013, nr. 3 (30), Geografie. P. 36-38.
11. Nedealcov Maria, dr. Răileanu V., prof. univ., dr. Apostol L. Atlasul digital Temperatura aerului și cantitățile de precipitații atmosferice din bazinul râului Prut // Academos, 2017 / 02, Geografie. P. 58-64.
12. ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis_only/201608/20160813/ (дата звернення 1.12.2018 р.).
13. https://ro.wikipedia.org/wiki/Republica_Moldova (дата звернення 1.11.2018р.)
14. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Bălți> (дата звернення 1.11.2018 р.)
15. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Briceni> (дата звернення 1.11.2018 р.)
16. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Cahul> (дата звернення 1.11.2018 р.)

17. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Chişinău> (дата звернення 1.11.2018 р.)
18. https://ro.wikipedia.org/wiki/Stefan_Vode (дата звернення 1.11.2018р.)
19. <https://rp5.ru/> Погода в Молдове (дата звернення 30.10.2018 р.)
20. <http://www.util21.ro/util21/harta-moldova-poza-mare.htm> (дата звернення 30.10.2018 р.)
21. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetterkarte> (дата звернення 10.11.2018 р.).

Додаток А

кафедри метеорології та кліматології
на магістерську роботу студентки гр. МНЗ–2м
факультету магістерської та аспірантської підготовки ОДЕКУ

Звягінцевої Олени Анатоліївни

Тема магістерської роботи
«Конвективні явища над Молдовою»

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

Завідуючий кафедрою
метеорології та кліматології

проф. Івус Г.П.

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми наукових робіт, автор, керівник роботи)	Кількість кредитів
Наукові статті	
Університетські конференції, семінари, гуртки	
1. Конференція молодих вчених ОДЕКУ 2-8 травня 2018 р. Тема доповіді: «Конвективні явища над Молдовою»	0,25
2. Наукові гуртки та семінари 2017, 2018	0,25
Опубліковані тези конференцій:	
Звягінцева О.А. Семергей-Чумаченко А.Б. Конвективні явища над Молдовою // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 02-08 травня 2018 р. С. 308-310.	0,25
Участь у виконанні НДР	
«Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532 - 2017, 2018 р.	0,20 0,20
Конкурсні роботи:	
Конкурс наукових робіт серед студентів ОДЕКУ за напрямком географічні науки (гідрометеорологія) у 2017 рр., ОДЕКУ, м. Одеса: Конвективні явища над Молдовою (2017)	0,25
ВСЬОГО	1,40