

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра метеорології та кліматології

**Магістерська кваліфікаційна робота**

на тему: Характеристики шквалоутворення на території України

Виконав студент 2 курсу групи МЗМ-18  
спеціальності 103 - «Науки про Землю»  
Антонов Владислав Володимирович

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

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

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут  
Кафедра метеорології та кліматології  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 103 «Науки про Землю»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Метеорологія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. зав. кафедри Прокоф'єв О.М.

“28” жовтня 2019 року

**З А В Д А Н Н Я**

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Антонову Владиславу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Характеристики шквалотворення на території України  
керівник роботи Нажмудінова Олена Миколаївна к. геогр. н., доцент  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом закладу вищої освіти №235-С від 18 жовтня 2019 р.
2. Строк подання студентом роботи 06 грудня 2019 року
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, таблиці і зведення про штормові явища погоди; дані МШСЗ; дані системи Internet
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз наукової літератури за напрямком дослідження. 2) Формування вибірки вихідної інформації з повторюваності шквалів протягом 2015-2019 рр. на території України. 3) Аналіз статистичних даних повторюваності шквалів по регіонах, областях; визначення особливостей річного, місячного, добового розподілу. 4) Дослідження повторюваності шквалів за інтенсивністю. 5) Встановлення особливостей циркуляційних умов виникнення шквалів у ранні та пізні календарні строки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 2.1–2.2 – схеми структури шквалу з літературних джерел. Рис. 4.1-4.13 – графіки, гістограми та діаграми повторюваності шквалів. Рис. 4.14, 4.17-4.18, 4.21 – супутникові знімки хмарності. Рис. 4.15-4.16, 4.19-4.20 - синоптичні карти погоди.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Огляд наукової літератури, сучасних публікацій за темою дослідження.</i>	28.10-31.10.2019 р.	65	задовільно
2.	<i>Вибір вихідних даних, робота з архівними матеріалами.</i>	01-07.11.2019 р.	60	задовільно
3.	<i>Складання додатку вихідних даних, зведених таблиць. Виконання розрахунків, побудова гістограм. Проведення аналізу статистичних даних.</i>	08-15.11.2019 р.	70	задовільно
4.	<i>Аналіз оперативної синоптичної інформації для випадків формування пізніх і ранніх шквалів.</i>	16-17.11.2019 р.	70	задовільно
5.	<i>Рубіжна атестація</i>	18 –23.11.2019		
6.	<i>Складання висновків. Кінцеве редагування тексту.</i>	24.11-05.12.2019 р.	60	задовільно
7.	<i>Перевірка на плагіат, підписання авторського договору</i>	06-09.12.2019		
8.	<i>Підготовка доповіді та презентації. Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2019		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>65</b>	<b>задовільно</b>

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

*Антонов В.В.*

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

*Нажмудінова О.М.*

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Тема магістерської кваліфікаційної роботи** «Характеристики шквалоутворення на території України»

**Автор:** Антонов Владислав Володимирович.

**Актуальність** дослідження формулюється небезпечністю шквалів для функціонування галузей народного господарства і життєдіяльності людини внаслідок руйнівної сили вітру.

**Мета роботи:** визначення характеристик формування шквалів в сучасних умовах змін регіонального клімату.

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

- встановлені статистичні характеристики розподілу шквалів на Україні за 2015-2019 рр;
- отримано особливості просторового розподілу шквалів по території країни;
- систематизована повторюваність шквалів за інтенсивністю;
- досліджено синоптичні процеси при виникненні пізніх і ранніх шквалів.

**Об'єкт дослідження:** шквал.

**Предмет дослідження:** характеристики розподілу і умови виникнення шквалів на території України.

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

**Наукова новизна отриманих результатів.** Для дослідження використано інформацію про шквалові процеси за останні 5 років. Отримано статистичні і синоптико-кліматичні характеристики шквалоутворення по території країни.

**Практичне значення отриманих результатів.** Зміни розподілу шквалів в Україні за останні роки і циркуляційні процеси формування сильних шквалів можуть бути використані для уточнення кліматичних даних та застосовані для діагнозу і прогнозу шквалових ситуацій.

Магістерська кваліфікаційна робота в об'ємі 61 сторінки складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 21-го джерела, 2-х додатків, містить 21 рисунок в основному тексті.

**Ключові слова:** шквал, конвекція, повторюваність, швидкість вітру, синоптична ситуація.

## SUMMARY

**Theme** of master's qualification works «Characteristics of the formation of squalls in Ukraine».

**Author:** Antonov Vladyslav.

The relevance of the study is formulated by the danger of squalls for the functioning of the national economy and human life due to the destructive force of the wind

**Objective:** determining the characteristics of the formation of squalls in the conditions of modern changes in the regional climate.

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

- installed statistical characteristics of the distribution of squalls in Ukraine in 2015-2019;
- the peculiarities of the spatial distribution of squalls in the country have been obtained;
- systematized repetitiveness of squalls by intensity;
- synoptic processes are investigated in the occurrence of late and early squalls.

**Object of study:** squalls.

**Subject of research:** distribution characteristics and conditions formation of squalls in Ukraine.

**Research methods:** synoptic-climatic analysis, space-time generalization of data.

**The scientific novelty of the obtained results.** For the study Information on the squall processes of the last 5 years has been used. Statistical and synoptic-climatic characteristics of the occurrence of squalls in the country have been obtained

**Practical significance of the obtained results.** Changes in the distribution of squalls in Ukraine recently and the circulation processes of forming strong squalls can be used to clarify climate data and are used for diagnosis and forecasting of squalls.

Master's qualification work in volume 61 pages consists of 4 sections, conclusions, list of references from 21 sources, two annexes, contains 21 figures in the main text.

**Keywords:** squall, convection, repetitiveness, wind speed, synoptic situation.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Зміни конвективної діяльності на території України.....	8
2 Загальні відомості про шкали.....	11
2.1 Характеристики шквалів.....	11
2.2 Циркуляційні процеси виникнення шквалів.....	14
3 Сучасні підходи до прогнозування шквалів.....	17
3.1 Автоматизований метод прогнозу шквалів з деталізацією інтенсивності ГМЦ Росії.....	17
3.2 Об'єктивний метод прогнозу шквалу Переходцевої О.В.....	20
3.3 Оперативний прогноз шквалів Юсупова Ю.І.....	22
4 Особливості шквалоутворення на території України у теплий період 2015-2019 рр.....	25
4.1 Повторюваність шквалів.....	25
4.2 Умови формування пізніх і ранніх шквалів.....	39
Висновки.....	46
Перелік посилань.....	48
Додаток А. Довідка.....	50
Додаток Б. Вихідні дані.....	51

## ВСТУП

В даній магістерській роботі досліджуються процеси формування шквалів на території України.

Тема вивчення є актуальною, оскільки шквал є одним із найбільш небезпечних явищ через аномально великі швидкості вітру і його зсуви у сполученні з надзвичайно інтенсивним осіданням повітря і турбулентністю. Шквали пов'язані з купчасто-дощовою хмарністю і супроводжуються інтенсивними зливовими опадами і градом. Шквал небезпечний для комунального і лісового господарств, для будівельних організацій і організацій паливно-енергетичного комплексу, а також для усіх видів транспорту: авіаційного, автомобільного, залізничного і водного. Для сільського господарства шквал небезпечний можливістю полягання посівів і, як наслідок, загибеллю врожаю. Для енергетичної галузі небезпека сильного вітру полягає в можливості виходу з ладу ліній електропередач через обрив проводів, ушкодження або перевертання опор ЛЕП, ушкодження трансформаторних підстанцій.

Шквалом називається різке посилення вітру протягом короткого часу, що супроводжується змінами його напрямку. Швидкість вітру при шквалі нерідко перевищує  $20-30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , тривалість явища звичайно кілька хвилин, іноді спостерігаються повторні пориви шквалу.

Шквали пов'язані з зонами активної конвекції, відносяться до мезометеорологічних явищ погоди, і виникають в результаті складної взаємодії макро-, мезо- і мікромасштабних атмосферних процесів. Площа, охоплена явищем, набагато менша відстані між пунктами метеорологічних і аерологічних спостережень. Прогнозувати такі явища з великою завчасністю, деталізацією інтенсивності і локалізацією за площею дуже складно. Усе це обумовлює труднощі дослідження і прогнозування шквалових ситуацій, у тому числі безпосередньо в рамках чисельних моделей.

Сучасні дослідження свідчать, що з 90-х років ХХ ст. в Україні у теплий період спостерігається помітна тенденція до збільшення середньої температура та вологовмісту тропосфери, які зумовили зростання конвективно доступної потенціальної енергії атмосфери, швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конденсації та рівня конвекції і призвели до збільшення нестійкості атмосфери. Внаслідок таких змін в

Україні зростає кількість небезпечних та стихійних метеорологічних явищ і, зокрема, шквалів.

Шквали спостерігаються на всій території України, значної інтенсивності вони набувають на території, де конвекція досягає найбільшого розвитку в Україні. Це насамперед західні і південні області країни. На сході сильні шквали бувають рідко і поширюються на незначну територію.

Мета дослідження – визначення характеристик шквалоутворення за теплий період 2015-2019 рр. в умовах сучасних змін регіонального клімату на Україні.

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

Магістерська робота складається з 4 розділів. У розділах 1-3 наведено теоретичні дані про сучасні зміни конвективної діяльності над Європою і Україною, зокрема. У загальному охарактеризовані відомості про шквалоутворення. В окремому розділі (3), висвітлені деякі сучасні теорії і методики прогнозу шквалів. Четвертий розділ присвячений практичній частині дослідження. За 5 років визначені показники формування шквалів по території України, детально досліджена повторюваність шквалів по роках, місяцях, строках та особливості регіонального розподілу явища. Визначені синоптичні умови формування найбільш пізніх і ранніх шквалів за період дослідження 2005-2019 рр.

Напрямок дослідження належить до бюджетної кафедральної тематики «Динаміка зональних екстремальних погодних явищ та їх чисельне моделювання в змінних кліматичних умовах в Україні» №0116u002403 (додаток А).



## 1 ЗМІНИ КОНВЕКТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

З 90-х років ХХ ст. в Україні у теплий період спостерігається значима тенденція до збільшення середньої температури та вологовмісту тропосфери, які зумовили зростання конвективно доступної потенційної енергії атмосфери, швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конденсації та рівня конвекції і привели до збільшення нестійкості атмосфери. Внаслідок таких змін в Україні зросла кількість та інтенсивність сильних злив, граду, шквалу, смерчів, збільшилося число днів з грозою. Причиною збільшення повторюваності та інтенсивності НЯ та СГЯ є зміна атмосферної циркуляції та умов формування цих явищ, яка простежується з середини 70-х рр. ХХ ст. Сила і вплив різних чинників на формування явищ погоди також змінилися, і це зрештою привело не лише до збільшення кількості та інтенсивності явищ погоди, а й варіації їх у часі та просторі [4].

В Україні інтенсивні конвективні процеси спостерігаються з травня по вересень і набувають найбільшої потужності у червні та липні. Протягом доби найбільшого розвитку вони досягають з 12 до 18 год: саме у цей час виникають найбільш інтенсивні конвективні явища. У гірських районах вони починаються раніше, оскільки у горах рівень конденсації знаходиться значно нижче, ніж на рівнинах [5].

Найбільш інтенсивна конвекція спостерігається у західних, південних та центральних областях країни (Українських Карпатах, на Причорноморській низовині, навітряних схилах Волинсько–Подільської, Придніпровської та Донецької височин) і дуже рідко розвивається на сході та північному сході країни, де вологозапас повітряних мас недостатній для розвитку процесів такої інтенсивності. Рідко інтенсивні конвективні процеси спостерігаються і в Поліссі, де повітряні маси хоча і мають значний запас вологи, але температура повітря і особливо підстильної поверхні, значно нижча, ніж на півдні, і недостатня для розвитку інтенсивної конвекції.

Аналіз інтенсивності конвекції в Україні показав, що у теплий спостерігається переважно (87,6%) слабка конвекція, яка розвивається до висоти майже 500 гПа. Помірна та дуже сильна конвекція в Україні спостерігається рідко (близько 5%) і переважно в липні. Аналіз параметрів конвекції у період, коли спостерігались стихійні метеорологічні явища, показав, що в Україні вони можуть утворюватись при незначній конвекції, як у товщі атмосфери, так і в нижній тропосфері. При цьому, із збільшенням

нестійкості атмосфери найбільш ймовірна поява сильних злив, тому серед конвективних явищ вони мають найбільшу повторюваність. Ймовірність появи крупного граду, сильного шквалу та смерчів збільшується із подальшим зростанням енергії нестійкості атмосфери.

Оскільки основним чинником, що впливає на інтенсивність конвекції є температура повітря, її зміна впливає на зміну інтенсивності конвекції і, відповідно, на інтенсивність та повторюваність конвективних явищ погоди. Ріст середньої річної і місячної температури в Україні зумовлений збільшенням максимальної та мінімальної температури повітря впродовж усього року. При цьому найбільший ріст максимальної температури відмічається влітку, з максимумом у липні, а мінімальної – взимку з максимумом у січні. Підвищення температури повітря відмічається не лише біля земної поверхні, а й у нижній тропосфері, супроводжується ростом вологовмісту і приводить до збільшення інтенсивності термічної конвекції та конвективних явищ погоди [4, 8].

Встановлено підвищення температури повітря для рівнинної території України: в Зоні мішаних лісів та Зоні широколистяних лісів, Лісостепу  $0,8 - 1,0^{\circ}\text{C}$ ; в Степовій зоні на  $0,5^{\circ}\text{C}$ . В кожне десятиліття температура підвищувалось на  $0,1^{\circ}\text{C}$ . В останнє десятиріччя ХХІ ст. по більшості станцій тренд зріс на  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Потепління в Україні фіксується майже всіма станціями. Хід аномалії річної температури по чотирьох природних зонах та регіонах Карпат та Криму повторюють один одного, а також аномалію у глобальному масштабі. Можна зробити висновок, що глобальне потепління перебиває регіональні особливості [10].

Формування поля температури та атмосферних опадів відбувається у тісному зв'язку з процесами циркуляції повітряних мас. Результати досліджень показують, що у глобальному масштабі відмічається послаблення зональної циркуляції і зростання меридіональної південної складової в усі сезони року [7]. Змінилися райони формування і траєкторії руху баричних утворень. Кількість та інтенсивність стихійних явищ погоди залежить від термодинамічної індивідуальності баричних утворень, які їх зумовлюють, а вона, в свою чергу - від типу синоптичного процесу, району формування та траєкторії, по якій переміщується дане баричне утворення. Зміна цих факторів зумовлює зміну інтенсивності та локалізації явищ погоди, створює регіональні особливості їх розподілу. Виявлено, що у період, коли на Україні спостерігалася тенденція до зростання кількості СМЯ, циклони переміщувалися по більш південній траєкторії, мали значно більший

вологовміст та потенціальну енергію і меншу кінетичну енергію, а відповідно, і меншу швидкість. Сумарна дія цих факторів і зумовила значне збільшення кількості випадків опадів, що досягали критеріїв СМЯ [6].

Для території України сильні шквали мають локальний характер, їх повторюваність по пункту незначна, оскільки просторовий масштаб шквалових процесів значно менше щільності мережі спостережень. Визначення шквалонебезпечності території за даними метеостанцій, при існуючій щільності мережі, не може правдиво відобразити частоту виникнення шквалу в даному регіоні. Тому для визначення шквалонебезпечності території кількість випадків з сильним шквалом по даним метеостанцій та даним шторм донесень з прогностичних підрозділів приводили до одиниці площі 1 млн.га ( $\beta$ -мезомасштаб) [4-5]. Дослідження показали, що хоча СМЯ такої інтенсивності в Україні бувають кожен рік, на площі 1 млн.га за 10 років сильних шквалів спостерігається вдвічі менше (1-2) ніж випадків крупного граду і в декілька разів більше, ніж смерчів. Зони, де виникає найбільша кількість сильних шквалів співпадають із зонами, де спостерігається значна повторюваність і інших конвективних явищ: злив, граду, смерчів. Тобто значної інтенсивності СМЯ набувають на території, де конвекція досягає найбільшого розвитку в Україні. Це насамперед західні і південні області країни. На сході явища такої інтенсивності бувають рідко і поширюються на незначну територію. Також рідко сильні шквали бувають на узбережжі морів та великих водойм, де термічні інверсії, що виникають в умовах бризової циркуляції, послаблюють конвекцію рівнинах.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ШКАЛИ

### 2.1 Умови формування шквалу

Шквал - короткочасне збільшення швидкості вітру до значень, що набагато перевищують швидкість градієнтного вітру.

Відповідно до положень [13] за швидкістю вітру шквали поділяють:

- НМЯ (небезпечні метеорологічні явища) I рівня небезпеки – шквал  $15-24 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
- СМЯ (стихійні метеорологічні явища) II рівня небезпеки – сильний шквал  $25-34 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
- СМЯ III рівня небезпеки – надзвичайний шквал  $\geq 35 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Шквал являє собою вихор з горизонтальною віссю обертання, його максимальна повторюваність спостерігається в післяполуденні і вечірні години. Він часто супроводжується сильними опадами та градом. Шквал – один із типових проявів інтенсивної конвекції і в залежності від самої конвекції може охоплювати від декількох сотень квадратних метрів (локальні шквали, пов'язані з купчасто-дощовими хмарами, що розвиваються в однорідній повітряній масі) до зон мезомасштабу (шквали пов'язані з відповідними конвективними системами) [8].

Купчасто-дощові хмари (Cb) утворюються в результаті реалізації великих запасів енергії нестійкості атмосфери. У початковій стадії розвитку формуються переважно висхідні потоки повітря, які в процесі розвитку Cb підсилюються за рахунок додаткового тепла, що виділяється в хмарному повітрі в процесі конденсації і кристалізації водяної пари. Коли в хмарах накопичується достатня кількість вологи і відбувається укрупнення хмарних елементів, деякі об'єми хмарного повітря починають опускатися вниз під дією маси накопиченої в хмарі краплиннорідкої вологи, кристалів і граду. Накопичення вологи відбувається найбільш інтенсивно на висотах, де температура повітря складає  $\leq -10^{\circ}\text{C}$ , а висхідні потоки повітря досягають максимальних швидкостей. У процесі опускання об'ємів хмарного повітря униз волога в них випаровується, що, у свою чергу, викликає більш прискорений рух униз. Найбільш інтенсивні потоки досягають поверхні землі і, перетворюючись у горизонтальний потік, створюють різке посилення вітру. Це перша умова, що викликає виникнення шквалу.

Другою умовою є виникнення дрібномасштабних хвиль падіння і росту тиску, що обумовлює дуже великі баричні градієнти тиску. Причиною такого процесу є потужні висхідні конвективні потоки в передній частині хмари і низхідні - у центральній і тилевій частинах хмари. Висхідні потоки створюють дефіцит маси повітря, що супроводжується різким падінням тиску, а низхідні потоки визначають ріст тиску [12].

Наявність вертикальних потоків різного знаку сприяє утворенню шквалистого коловороту з горизонтальною віссю перед Сб (рис.2.1). Горизонтальна вісь розташовується в середньому на висоті 500-600 м перед Сб за 1-2 км до суцільної завіси дощу.

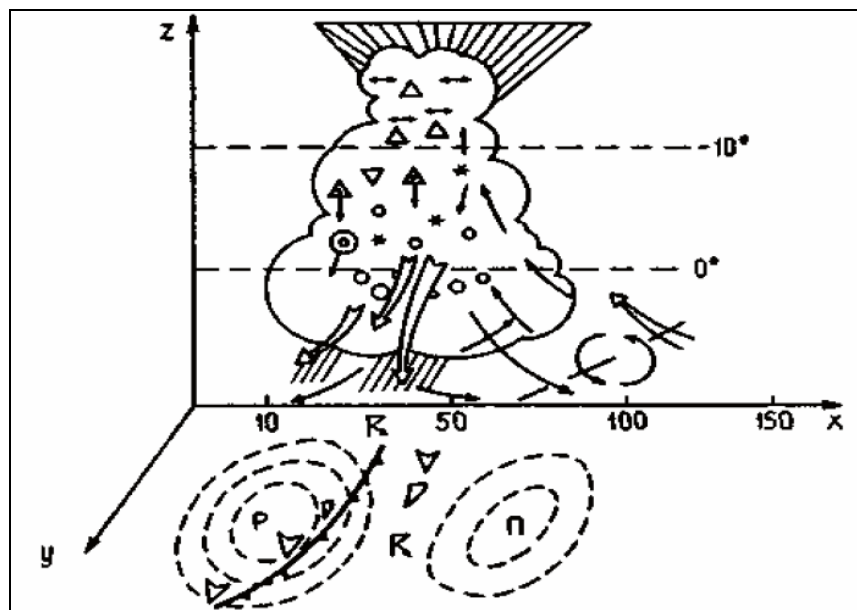


Рис.2.1. Схема циркуляції у купчасто-дощовій хмарі при шквалі [12]

Шквали, як правило, супроводжуються опадами у вигляді зливого дощу і граду. Час початку зливого дощу і час початку шквалу досить близькі. Особливо сильні шквали спостерігаються в зоні зливого дощу через 5-10 хв після його початку, якщо ж шквал починається до початку дощу, то він має помірну інтенсивність - в цьому випадку низхідний потік обганяє зливу і втрачає свою енергію.

Шквали – це локальне явище. Іноді в одному пункті може спостерігатися серія шквалистих посилень вітру.

Повторюваність шквалу має чітко виражений річний хід. Сильні шквали у західних і східних областях України найчастіше відмічаються в червні-липні, на півночі максимум припадає на червень, а на півдні та у

центрі країни - на липень. У добовому ході шквали найчастіше реєструються на 15-18 год., що пов'язано з максимальним розвитком конвекції.

Шквал - це короткочасне явище, більшість шквалів мають тривалість до 0,1 год. і лише 4 % - більше 0,5 год.

Під час шквалу спостерігається різка зміна метеорологічних величин у приземному шарі атмосфери: перед шквалом переважає падіння тиску, після шквалів тиск зростає. Розподіл температури повітря при шквалах вказує на значний діапазон: на території України, за виключенням центральних областей, шквали найчастіше виникають при температуру повітря 20-25°C, а для центру характерні більш високі позначки: 25-30°C.

Внаслідок локальності шквалу чітких закономірностей у його просторовому розподілі не виявлено. Шквали спостерігаються на всій території України. Найбільш шквалонебезпечним є південь, зокрема Одеська область (у середньому до 6 шквалів за рік). 4-6 шквалів відмічається у Херсонській області та Криму, від 2 до 4 у Львівській, Волинській, Кіровоградській, Черкаській, Житомирській, Київській, Чернігівській, Донецькій та Харківській областях, у решті областей - менше двох [9].

Швидкість вітру при шквалах залежить від енергії низхідного потоку, сили вітру в тропосфері, швидкості потоку, контрастів температури та ін. Середня швидкість вітру під час небезпечних і стихійних шквалів в Україні коливається від 18 до 22 м·с<sup>-1</sup>. СМЯ зі швидкістю вітру  $\geq 40$  м·с<sup>-1</sup> спостерігаються вкрай рідко (~1%). Найбільшу інтенсивність небезпечні та стихійні шквали мають на південному заході країни, де їх середня швидкість становить 20-22 м·с<sup>-1</sup>, а максимальна 32-40 м·с<sup>-1</sup>.

Із року в рік кількість небезпечних і стихійних шквалів в Україні змінюється. Протягом останніх 40 років відмічається тенденція до збільшення їх кількості на площі 100 км<sup>2</sup>. Ці зміни відмічаються майже на всій території країни, але виділяються території, де збільшення повторюваності НЯ та СМЯ супроводжувалось зростанням їх інтенсивності, як середньої, так і максимальної. До таких регіонів належать насамперед північні та східні області України, при цьому на сході відмічається більш суттєве посилення максимальної швидкості вітру при шквалах. Такі ж тенденції спостерігаються і в Закарпатській, Чернівецькій, Хмельницькій, Дніпропетровській, Миколаївській областях та АР Крим. У Львівській області хоча небезпечних і стихійних шквалів стає більше, проте їх інтенсивність зменшується [8].

## 2.2 Циркуляційні процеси виникнення шквалів

За аеросиноптичними процесами формування шквалів їх поділяють на внутрішньомасові і фронтальні [9, 16].

Виникнення шквалу найчастіше пов'язане з атмосферними фронтами (75%). При цьому шквалоутворення переважає на холодних фронтах. Це в основному малорухомі квазімеридіонально орієнтовані fronti, розташовані в улоговинах, які рухаються із заходу на схід. На них утворюються хвилі, що сприяє розвитку конвекції і, як наслідок, виникненню шквалу. Приблизно з однаковою повторюваністю шквали виникають у системах холодних фронтів оклюзії, теплих та вторинних фронтів.

Шквали здебільшого виникають у баричних улоговинах, які спрямовані з півночі, північного заходу чи північного сходу. Значна повторюваність також в малоградієнтних полях. У зонах високого тиску необхідною умовою виникнення шквалу є наявність атмосферного фронту.

В решті випадків шквали пов'язані з внутрішньомасовими процесами - купчасто-дошовими (грозовими) хмарами або місцевою конвекцією.

Іноді шквали виникають уздовж «ліній нестійкості», які на відміну від атмосферних фронтів існують короткочасно і не простежуються на картах баричної топографії. Лінія шквалів (або лінія нестійкості) належить до хмарних об'єктів мезомасштабу лінійного типу масштаб мезо- $\alpha$  і уявляє собою зону скупчення купчасто-дошових та потужних купчастих хмар в теплому секторі циклону перед холодним фронтом. Горизонтальні розміри лінії шквалів (ЛШ) до тисячі кілометрів, ширина в середньому 50-100 км. Період існування ЛШ складає звичайно більше доби, а окремих її елементів - близько 5-6 годин.

Фронтальні шквали є найбільш небезпечними. За синоптичними умовами фронтальні шквали можна розділити на чотири типи [12].

Перший тип фронтального шквалу відповідає синоптичній ситуації, при якій спостерігається чітко виражений у полі температури малорухомий холодний фронт із хвилями. Хвильові збурення зі швидкістю 40-70 км·год<sup>-1</sup> переміщуються уздовж лінії фронту. Контрасти температури повітря в зоні фронту біля поверхні землі перевищують 10°C. Шквали виникають поблизу вершини хвильових збурень переважно в теплому повітрі (у теплому секторі хвилі). Найчастіше такі шквали виникають у денний час і складають до 55% випадків від загального числа фронтальних шквалів.

Другий тип фронтального шквалу спостерігається на холодному фронті II типу зі значними (більше  $10^{\circ}\text{C}$ ) контрастами температури повітря у приземному шарі. Шквали на холодних фронтах даного типу виникають досить часто, але сильні шквали відмічаються порівняно рідко. Наявність у зоні холодного фронту досить потужних упорядкованих вертикальних рухів, обумовлених циклонічною кривизною ізобар, сприяє розвитку вимушеної конвекції. У зоні холодних атмосферних фронтів, розташованих в глибоких баричних улоговинах, такі вертикальні рухи є найбільш інтенсивними.

Третій тип фронтального шквалу спостерігається поблизу точки оклюзії - на стику теплого і холодного фронтів, чітко виражених у полі температури. Швидкість вітру біля поверхні землі в 75% випадків досягає  $20\text{-}30\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а в 25% випадків перевищує  $30\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Найбільш сприятливі умови для утворення шквалів біля точки оклюзії створюються в теплу половину року в другій половині дня (12-18 год. місцевого часу). Характерною рисою шквалів даного типу є те, що вони виникають лише при від'ємних баричних тенденціях поблизу точки оклюзії, що перевищують  $-3,0\text{ гПа}$  за 3 год.

Четвертий тип фронтального шквалу спостерігається в тилівій частині циклону в нестійко стратифікованій повітряній масі при проходженні вторинних холодних фронтів. У виникненні шквалів даного типу крім конвекції велику роль грає градієнтний вітер. Швидкість вітру біля поверхні землі відносно невелика і складає  $20\text{-}25\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , лише в окремих випадках досягає  $30\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Шквали даного типу складають близько 12%, спостерігаються в будь-яку пору року, як правило, у другу половину дня (з 12 до 18 год.), тобто в період максимального розвитку конвекції [12].

Швидкість руху повітря у шквальному вихорі складається зі швидкістю руху фронту, у результаті чого утворюються шквальні бурі. Їхня ширина - кілька кілометрів, рідко до 50 км, довжина шляху -  $20\text{-}200\text{ км}$ , тривалість у кожній точці шляху - від кількох хвилин до півгодини. Швидкість вітру в шквальних бурях досягає іноді ураганних значень (до  $60\text{-}80\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) [11].

Внутрішньомасові шквали звичайно бувають помірними або слабкими, спостерігаються з травня по серпень, як правило, у другу половину дня. Такий тип шквалів пов'язаний з Сб, які виникають або при типовій термічній конвекції, або при термодинамічній конвекції в холодній нестійкій повітряній масі в тилу циклона. Внутрішньомасові шквали охоплюють площу, дещо меншу площі горизонтального перерізу Сб хмари, під якою вони виникають. Шквал переміщується разом з хмарою, що його породжує,



тому наслідки шквалу простежуються в межах визначеної смуги, так званий, «слід» шквалу [16].

Внутрішньомасовий шквал зумовлений тим, що в передній частині купчасто-дощової хмари виникає сильний висхідний рух повітря, а в центральній і тилівій частинах хмари - низхідний рух, створюваний, зокрема, зливовими опадами, і захоплює за собою повітря. Таким чином, у хмарі і під нею виникає вихровий рух повітря з напрямком по горизонтальній осі, у який утягується повітря із суміжних районів. При наближенні масштабної хмари конвекції відчувається посилення вітру і зміна його напрямку до хмари, у різко виражених ситуаціях це явище приймає форму шквалу – рис.2.2 [11].

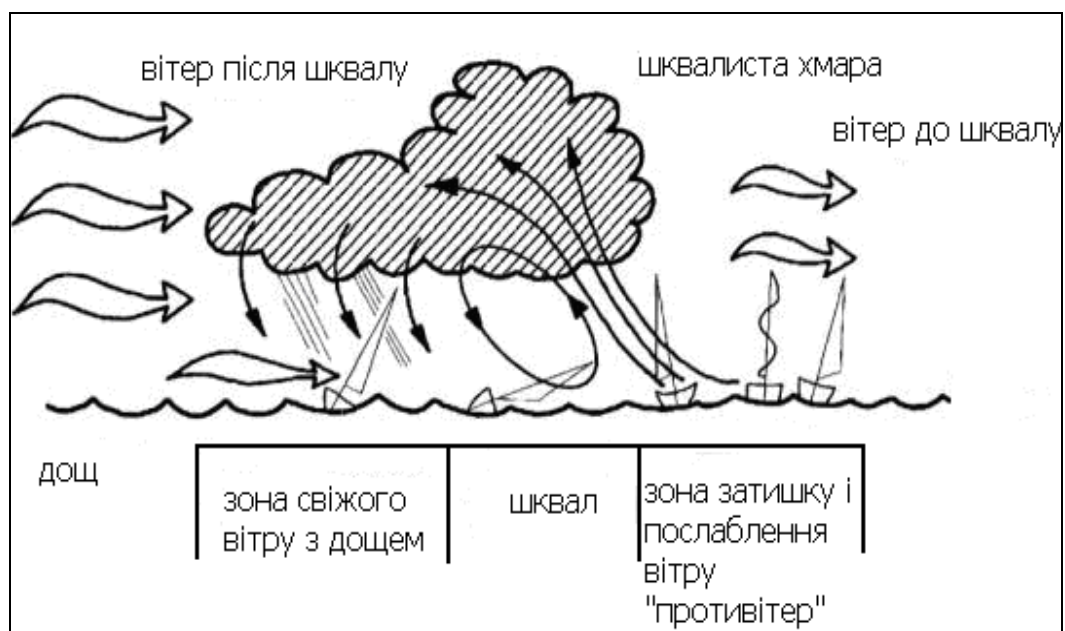


Рис. 2.2. Структура шквалу

## 3 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ШКВАЛІВ

Найбільш відомими в способах прогнозу шквалів є методи Пескова і Снітковського, Решетова, Фобуша-Міллера [12, 16]. Ці методи мають високу справджуваність, близьку до 90%, однак успішність прогнозу шквалів у великому ступені залежить від правильної оцінки синоптичного положення, а це у свою чергу, є досить трудомісткою і суб'єктивною задачею, що представляє основну складність для створення надійного алгоритму прогнозу шквалів. З іншого боку - гідродинамічні моделі, у тому числі і мезомасштабної просторової розв'язки, не надають придатної для практичних цілей точності прогнозу шквалів, до того ж немає достатньої кількості спостережень за шквалами. З цим пов'язані труднощі прогнозування шквалів. У сучасних методах прогнозу шквалу використовуються деякі параметри конвективної структури горизонтального потоку в атмосфері (сума швидкостей у нижньому 5-кілометровому шарі, вихор швидкості і лапласіан тиску, наявність фронту і його інтенсивність, наявність струминних течій і т.д.) [15].

### 3.1 Автоматизований метод прогнозу шквалів з деталізацією інтенсивності ГМЦ Росії

Автори Алексєєва А.О., Лосєв В.М., Песков Б.Є [1-3, 19].

Автоматизований метод прогнозу шквалів з деталізацією інтенсивності в 3-х градаціях (від 20 до 24 м·с<sup>-1</sup>, НЯ й урагани) на основі вихідних даних регіональної моделі із завчасністю 12 і 24 год. реалізований у рамках єдиного програмного комплексу на ЕОМ Хеон-4, що включає розрахунок:

- полів метеорологічних елементів оперативною регіональною моделлю Гідрометцентру Росії з кроком по горизонталі 75 км,
- параметрів конвекції одномірною стаціонарною моделлю конвекції,
- прогнозу опадів фізико-статистичним підходом, на основі вихідних даних регіональної моделі.

Прогнози із завчасністю 12 і 24 год. розраховуються, записуються в базу даних, автоматизовано наносяться на карти, що передаються споживачеві 2 рази за добу (вихідні терміни 00 і 12 год. ВСЧ).

Метод розроблений за принципом «ідеального прогнозу». Прогноз шквалів у 3-х градаціях є результатом комплексу 2-х методів прогнозу: швидкості вітру при шквалах та альтернативного прогнозу шквалів у градації НЯ. Шквали з ураганною швидкістю вітру прогножуються при виконанні умови: одночасно прогнозується шквал у градації небезпечних явищ альтернативним способом і швидкість максимальних поривів вітру не менше  $33 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Якщо ж альтернативним способом шквал у градації НЯ не очікується, то ураган прогнозується, якщо максимальна прогнозована швидкість поривів вітру складає  $\geq 40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Шквали в градації НЯ прогножуються за умови їхнього прогнозу альтернативним способом і при цьому прогнозована швидкість вітру складає  $25\text{-}33 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Якщо ж, альтернативний спосіб не прогнозує шквали в градації НЯ, то вони, все ж прогножуються, якщо прогнозована максимальна швидкість вітру  $35\text{-}40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Шквал у градації від  $20$  до  $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  прогнозується, якщо розрахована швидкість вітру  $20\text{-}25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Найбільш інформативним предиктором при прогнозі шквалів у градації НЯ є максимальна конвективна швидкість ( $W_m$ ). Очевидна фізичність даного предиктора - тільки за наявності потужних висхідних рухів (середнє значення  $W_m=28,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) можливе накопичення достатньої вологи, яка далі, обрушуючись вниз, створює могутній низхідний потік і шквал.

Іншим найбільш інформативним предиктором є лапласіан приземного тиску ( $\text{гПа}/300 \text{ км}^2$ ), що показує циклонічність біля землі і, як наслідок, конвергенцію горизонтальних приземних потоків повітря, необхідних для забезпечення підйому маси достатньо вологого і теплого повітря висхідними рухами. Однієї тільки вертикальної нестійкості недостатньо для створення великих запасів вологи в купчасто-дошовій хмарі, необхідне «підживлення» для висхідних рухів за рахунок конвергенції горизонтальних потоків. Цей параметр важливий і тому, що дозволяє виділяти зону повної відсутності шквалів. Велика кількість випадків зі шквалами спостерігається при значеннях лапласіану  $0\text{-}4 \text{ гПа}/300 \text{ км}^2$ . Це повністю обґрунтовано, оскільки при значеннях лапласіану  $\gg 5$  найчастіше утворюється велика кількість шаруватої хмарності, що призводить до зменшення прогріву повітря біля землі і, як наслідок, зменшення енергії нестійкості і зниження конвективних швидкостей. При лапласіані  $\ll -10$  шквали не розвиваються і з великою імовірністю можна прогнозувати їх відсутність.

Поява шквалів при невеликих від'ємних значеннях лапласіана приземного тиску пояснюється тим, що при невеликій антициклонічності іноді утворюються локальні улоговини, які можна помітити на приземних картах при проведенні ізобар через 1 гПа.

Найбільш сприятлива синоптична ситуація виникає при значеннях лапласіана приземного тиску 1-3 гПа/300 км<sup>2</sup>, коли утворені ЛШ створюють конвергенцію потоків при безхмарній у першій половині дня погоді.

Випадки без шквалів при невеликому додатному лапласіані в діапазоні значень 2-4 зумовлені, так званими, «сухими фронтами» із сухим і слабо нестійким повітрям. Ці випадки задовільно характеризуються таким предиктором, як максимальна конвективна швидкість ( $W_m$ ). Тому використання сполучення вказаних предикторів ( $W_m$  і лапласіана приземного тиску) для прогнозу шквалів у градації НЯ в більшому ступені зменшує недоліки використання їх окремо.

Прогноз максимальної швидкості вітру при сильних шквалах розраховується за допомогою рівняння регресії:

$$V = aW_m^{\frac{1}{n}} \left[ \left( |\vec{V}|_7^5 + b \right) \left( \nabla^2 p_{300} + c \right) \right]^{\frac{1}{m}} + d \left( |\vec{V}|_7^5 + g \right)^{\frac{1}{k}} + f |\vec{V}|_7^5 - CC, \quad (3.1)$$

де  $W_m$  — максимальна конвективна швидкість, м·с<sup>-1</sup>;

$|\vec{V}|_7^5$  - модуль середньої векторної швидкості вітру у шарі 700-500 гПа, м·с<sup>-1</sup>;

$\nabla^2 p$  - лапласіан приземного тиску, гПа/300 км<sup>2</sup>;

b, c, g – відхилення параметрів від їх оптимальних для шквалу значень;

a, d, f, CC - емпіричні коефіцієнти.

Емпіричні коефіцієнти і ступеневі показники складових у рівнянні предикторів змінюються в залежності від періоду сезону можливого виникнення шквалів. З метою зменшення відносної помилки прогнозу максимальної швидкості вітру при шквалах використовується лінійна комбінація нелінійних предикторів.

Прогноз шквалів у градації НЯ здійснюється за дискримінантною функцією, яка є функцією від максимальної конвективної швидкості і лапласіана тиску, приведенного до рівня моря.:

$$L1 = F(W_m, \nabla^2 p). \quad (3.2)$$

Для оцінки успішності прогнозів залучалися дані про вітер на метеорологічних станціях. Це були, як правило, дані про пориви вітру між термінами, що повідомляються метеорологічними станціями у вигляді додаткової інформації про погоду (бралися випадки з вітром  $\geq 18 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ).

Прогноз вважався таким, що справдився, якщо хоча б в одному вузлі області прогнозувалося явище відповідної градації і воно дійсно спостерігалось в цій області хоча б на одній станції або відзначалося в повідомленні з цієї області. Але, якщо хоча б в одному вузлі області прогнозувалося явище відповідної градації, але воно не спостерігалось на жодній станції і не відзначалося у повідомленні, то прогноз по даній області вважався невиправданим.

Аналіз результатів іспитів показав, що метод прогнозує відсутність вітру в градації НЯ зі справджуваністю 91-98%; справджуваність випадків наявності НЯ складає 55-75 %; значення критерію якості Пірсі – Обухова 0,3-0,45 підтверджують практичну значимість даних прогнозів; основним недоліком методу є значна кількість «помилкових тривог».

Наявність частини «помилкових тривог» можна пояснити недостатньо щільною мережею спостережень за шквалами (є невідповідність між точковою фіксацією шквалів на станціях спостережень, а також непрямою їхньою фіксацією за збитками - відповідно до шкали Бофорта - і їх прогнозом за площею). Іншими можливими причинами «помилкових тривог» є:

- недостатня точність прогнозу приземної вологості в регіональній моделі,
- вирівнювання модельних полів метеовеличин (унаслідок чого площа прогнозованих зон шквалів даних градацій більша, ніж фактична);
- завищення максимальних конвективних швидкостей за рахунок недосконалості обліку залучення в хмару повітряних мас і зсувів вітру, а також неточністю обліку їх зміни за часом і площею.

Необхідно відзначити стабільність показників якості прогнозів при збільшенні їх завчасності з 12 год. до 24 год. [1-3, 19].

### 3.2 Об'єктивний метод прогнозу шквалу Переходцевої О.В.

Даний фізико-статистичний метод розроблено із застосуванням алгоритмів багатомірного статистичного аналізу. Метод застосовується для випадків відсутності і наявності шквалів (середня швидкість вітру  $\geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ )

на європейській території, які спостерігаються при нестійкій стратифікації атмосфери, зливах і грозах [14]. З масиву інформативних предикторів, які відображають динамічні, термодинамічні і вологісні характеристики, відібрано 6, які досить повно характеризують умови утворення шквалів:

1.  $V_{700}$  – швидкість вітру на поверхні 700 гПа,  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
2.  $H_0$  – висота нульової ізотерми над пунктом прогнозу, гПа;
3.  $(T'-T)_{500}$  – відхилення кривої стану від кривої стратифікації на рівні 500 гПа,  $^{\circ}\text{C}$ ;
4.  $\partial T / \partial n$  – горизонтальний градієнт температури повітря біля поверхні землі,  $^{\circ}\text{C}/500 \text{ км}$ ;
5.  $T_{\max}$  – максимальна температура повітря біля поверхні землі,  $^{\circ}\text{C}$ ;
6.  $T_{d \max}$  – максимальне значення точки роси біля поверхні землі,  $^{\circ}\text{C}$ .

За умови  $(T'-T)_{500} > 0$  прогноз наявності (відсутності) шквалу ( $V \geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) здійснюється за допомогою дискримінантної функції.

$$L = 0,44T_{\max} + 0,21V_{700} + 0,18\frac{\partial T}{\partial n} + 0,05(T' - T)_{500} - 0,02H_0 - 0,14T_{d \max} + 3,9. \quad (3.3)$$

При  $L > 0$  прогнозується шквал, при  $L < 0$  – відсутність шквалу. Якщо  $(T' - T)_{500} < 0$ , то шквал не очікується, і функцію  $L$  розраховувати не потрібно.

Процедура визначення предикторів:

- значення  $T$  і  $T_d$  обчислюють на стандартних ізобаричних поверхнях у початкових точках траєкторій повітряних частинок, побудованих на 12...15 год за ранковими (00 ВСЧ) даними приземних та аерологічних спостережень, або із результатів гідродинамічних прогнозів. За допомогою карти АТ-700 у початковій точці траєкторії повітряної частинки знаходять значення швидкості вітру  $V_{700}$ ;
- за отриманими даними  $T$  і  $T_d$  на стандартних ізобаричних поверхнях і прогностичними значеннями  $T_{\max}$  і  $T_{d \max}$  біля поверхні землі будується прогностична модель конвекції і розраховується величина  $(T'-T)_{500}$  і висота нульової ізотерми  $H_0$ ;
- за даними про температуру повітря навколо початкової точки траєкторії повітряної частинки визначають прогностичні значення  $\partial T / \partial n$  із завчасністю 12...15 год. За значення  $\partial T / \partial n$  береться абсолютне значення різниці температури повітря в діаметрально протилежних точках кола радіусом 250 км з центром у початковій точці траєкторії.

Оцінка прогнозу:

1. Якщо за функцією  $L$  прогнозувався шквал швидкістю  $\geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і він спостерігався в радіусі 150 км від пункту прогнозу, то прогноз шквалу справдився за фактом явища. У протилежному випадку прогноз шквалу вважається таким, що не справдився.
2. Якщо прогнозується відсутність шквалу швидкістю  $\geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  за значенням  $(T'-T)_{500} < 0$  або  $L < 0$ , то прогноз відсутності шквалу справдився у випадку, якщо на жодній станції в радіусі 150 км від пункту прогнозу шквал не спостерігався. Якщо шквал відмічався хоча б на одній із метеостанцій, розміщених на вказаній території, прогноз відсутності шквалу не справдився. Граничне значення  $(T'-T)_{500} < 0$ , за яким прогнозується відсутність шквалу, може бути змінене, виходячи із оперативної практики в конкретному районі.

Результати авторської перевірки методу: справджуваність прогнозу шквалу 75%; справджуваність прогнозу відсутності шквалу 95%; загальна справджуваність прогнозу 88%; оцінка прогнозів за критерієм надійності М.О. Багрова та успішності Пірсі-Обухова відповідно 0,73 і 0,75 [14].

### 3.3 Оперативний прогноз шквалів Юсупова Ю.І.

Альтернативним методом прогнозу шквалів є метод, заснований на припущенні, що причиною утворення шквалу виступає взаємодія аномалій стратосферного потенційного вихору Ертеля (PV) з бароклінічними зонами в нижній тропосфері [17-18]. Испит методу показав, що він є більш якісними і надійним у порівнянні з традиційними методами і дозволяє зменшити число «помилкових тривог».

За сучасними уявленнями шквали формуються в результаті глибокої вологої конвекції, необхідні три умови, за яких виникає волога конвекція:

1. Достатня вологість у приземному шарі (не менше 60%).
2. Нестійкість або слабка стійкість у нижній тропосфері.
3. Динамічне змушення, у результаті якого відбувається підйом повітряних часток до рівня вільної конвекції.

Однією з умов існування активних фронтальних зон є достатня кількість вологи в приземному шарі, в зонах фронтів, де систематично формуються конвективно-нестійкі або слабостійкі шари. Таким чином, в

активній фронтальній зоні виконуються 1 та 2 умови з необхідних для розвитку глибокої вологої конвекції. Третя умова: вибухове зниження тиску на поверхні землі пояснюється потужними висхідними рухами, що виникають при взаємодії додатної (у північній півкулі) аномалії потенціального вихору з бароклінічними зонами у нижній тропосфері. У результаті цієї взаємодії виникає система з додатним зворотним зв'язком, яка складається з аномалії потенціального вихору у верхніх шарах тропосфери і додатною температурною аномалією в приземній бароклінічній зоні. Таким чином, наявність додатної аномалії PV у тропосфері з одного боку є ознакою існування зон активної конвекції, з іншого боку - взаємодія аномалії PV із приземними бароклінічними зонами створює умови для динамічного змушення, що сприяє утворенню і посиленню конвекції. Швидкість вітру при шквалі залежить від кінетичної енергії низхідного потоку і від горизонтального вітру в нижніх і середніх шарах тропосфери. Тому далі, у знайдений області необхідно досліджувати розподіл вітру на висотах, оскільки шквали утворюються в результаті опускання повітря і переносу кількості руху зверху вниз.

Потенційний вихор Ертеля математично являє собою добуток абсолютного вихору на ізентропічній поверхні на складову, що визначає стійкість атмосфери:

$$PV = (f + \zeta_{\theta}) \cdot (-g \partial \theta / \partial p), \quad (3.4)$$

де  $f$  – параметр Коріоліса;

$\zeta_{\theta}$  - відносний вихор швидкості на ізентропічній поверхні;

$g$  – прискорення сили тяжіння;

$\theta$  - потенціальна температура;

$p$  – тиск.

Відносний вихор швидкості визначається за формулою:

$$\zeta_{\theta} = \partial u_{\theta} / \partial x - \partial v_{\theta} / \partial y,$$

де  $u_{\theta}$ ,  $v_{\theta}$  – складові швидкості вздовж осей X, Y на ізентропічній поверхні.

В якості одного з предикторів використовують значення потенціального вихору, приведене до ізобаричної поверхні 500 гПа. Положення бароклінічних зон розраховують за модифікованою методикою. Фронтальний оператор визначається за формулою:



$$\Psi = \nabla |\nabla ZTE| \cdot n_{ZTE}, \quad (3.5)$$

де  $ZTE$  – еквівалентна товщина шару від 1000 до 500 гПа;

$\nabla$  - оператор градієнта;

$n_{ZTE}$  – одиничний вектор, спрямований у бік зменшення  $\nabla ZTE$ .

Фронтальний параметр  $ZTE$  розраховують у такий спосіб:

$$ZTE = - \sum_{850}^{500} \frac{R}{g} T_{me} \ln \left( \frac{P_u}{P_l} \right),$$

$$T_e = \frac{(T_{e,u} - T_{e,l})}{\ln \left( \frac{T_{e,u}}{T_{e,l}} \right)} \quad (3.6)$$

де  $T_e$  - середня еквівалентна температура в шарі.

Для виключення ділянок гребенів, що не відповідають активним фронтальним зонам, використовується індекс вологості:

$$NIX = (ZTE - ZT)/(ZTES - ZT), \quad (3.7)$$

де  $ZT$  – товщина шару 1000–500 гПа,  $ZTES$  – значення еквівалентної «товщини» у стані насичення.

Значення  $NIX > 0,7$  і  $\Psi > 2,5$  прийняті необхідною умовою для існування активних фронтальних зон. Значення тим більше, чим більша барокліність у шарі 850-500 гПа, отже цей параметр містить інформацію не тільки про положення, але і про інтенсивність фронту.

У якості вихідних даних використані результати розрахунків гідродинамічних моделей ВМО у кодї GRI або GRI2. Для розрахунку потенціального вихру необхідна наявність даних про температуру, швидкість і напрямок вітру на ізобаричних поверхнях від 1000 до 300 гПа, крім того, для визначення фронтальних зон - дані про вологість і геопотенціал в шарі від 1000 до 500 гПа. Ефективність кожного предиктора оцінювалося за допомогою критерію надійності Багрова і критерію якості Пірсі-Обухова.

Метод можна застосувати до прогнозування інших небезпечних явищ погоди, пов'язаних із глибокою, вологою конвекцією - сильних зливових опадів, граду, грози [17-18].

## 4 ОСОБЛИВОСТІ ШКВАЛОУТВОРЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ У ТЕПЛІЙ ПЕРІОД 2015-2019 РР

Вихідними даними для дослідження виступили: бюлетені погоди (додаток Б, табл.Б.1), карти розподілу явищ погоди, карти і таблиці розподілу штормових явищ погоди, штормові зведення, карти СГЯ, результати наземних метеорологічних спостережень, дані температурно-вітрового зондування - карти АТ-850, АТ-700, АТ-500, ВТ-500/1000, супутникові знімки хмарності [20-21].

### 4.1 Повторюваність шквалів

Зазначимо що показник шквалоутворення по східному регіону України дещо занижені, а також не досліджувалася територія АР Крим у зв'язку з відсутністю даних (з об'єктивних причин).

За теплий період 2015-2019 рр. спостерігалось 258 випадків шквалів різної інтенсивності (рис.4.1).

З року в рік кількість шквалів зростала: від 2015 р. до 2019 р. частота шквалоутворення збільшилася у 2,5 рази. Відповідно у 2019 р. зареєстровано максимальну кількість шквалів – 31%.

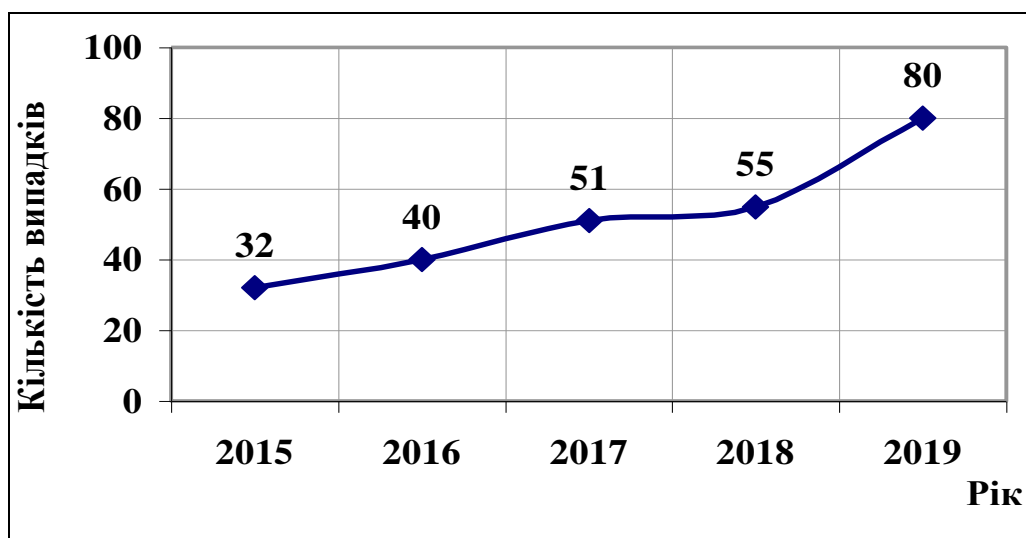


Рис. 4.1. Загальна річна повторюваність шквалів у тепле півріччя 2015-2019 рр. на території України

Визначено повторюваність шквалів по регіонах країни – табл.4.1.

Таблиця 4.1 - Повторюваність шквалів по регіонам України за теплий період 2015-2018 рр. (кількість випадків)

Регіон	Область	Кількість шквалів					Всього
		2015	2016	2017	2018	2019	
північ	Житомирська	1	2	3	2	4	12
	Київська	2	4	8	3	18	35
	Сумська	0	0	0	1	1	2
	Чернігівська	4	2	2	2	4	14
	Всього	7	8	13	8	27	63
схід	Дніпропетровська	1	2	1	8	5	17
	Донецька	2	1	1	1	0	5
	Запорізька	1	0	0	1	1	3
	Харківська	3	3	1	2	1	10
	Луганська	3	1	6	2	2	14
	Всього	10	7	9	14	9	49
захід	Івано-Франківська	0	0	2	0	0	2
	Волинська	0	1	3	0	3	7
	Львівська	3	3	4	8	4	22
	Рівненська	0	0	0	0	0	0
	Тернопільська	0	2	1	2	0	5
	Закарпатська	0	0	0	0	1	1
	Хмельницька	0	0	2	0	0	2
	Чернівецька	1	0	1	0	0	2
Всього	4	6	13	10	8	41	
центр	Вінницька	0	1	0	0	0	1
	Кіровоградська	3	2	1	4	6	16
	Полтавська	0	1	0	3	0	4
	Черкаська	3	3	4	5	3	18
	Всього	6	7	5	12	9	39
південь	Миколаївська	1	1	0	1	4	7
	Одеська	4	9	10	7	22	52
	Херсонська	0	2	1	3	1	7
	Всього	5	12	11	11	27	66
Всього випадків		32	40	51	55	80	258

В результаті, найбільш шквалонебезпечним є південний та північний регіони країни - 66 випадків (26%) і 63 (24%) відповідно. Також підвищеною повторюваністю виділяється схід - 49 випадків. Найнижча повторюваність шквалів припадає на центральні області - 39 випадків (15%) - рис. 4.2-4.3.

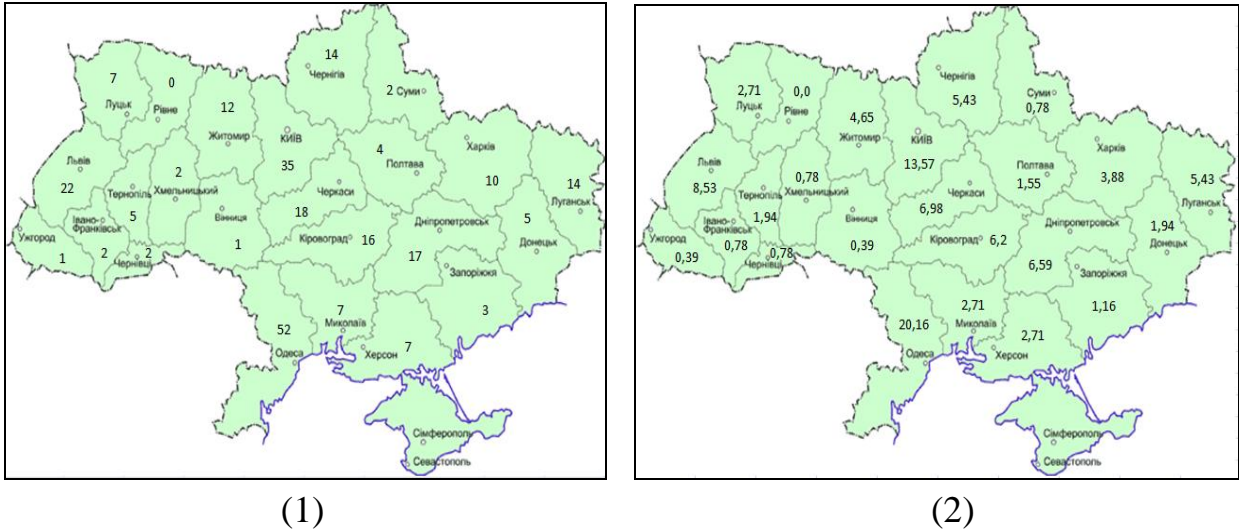


Рис.4.2. Загальний розподіл повторюваності шквалів по областях України за теплий період 2015-2019 рр.  
 (1) - кількість випадків; (2) - %

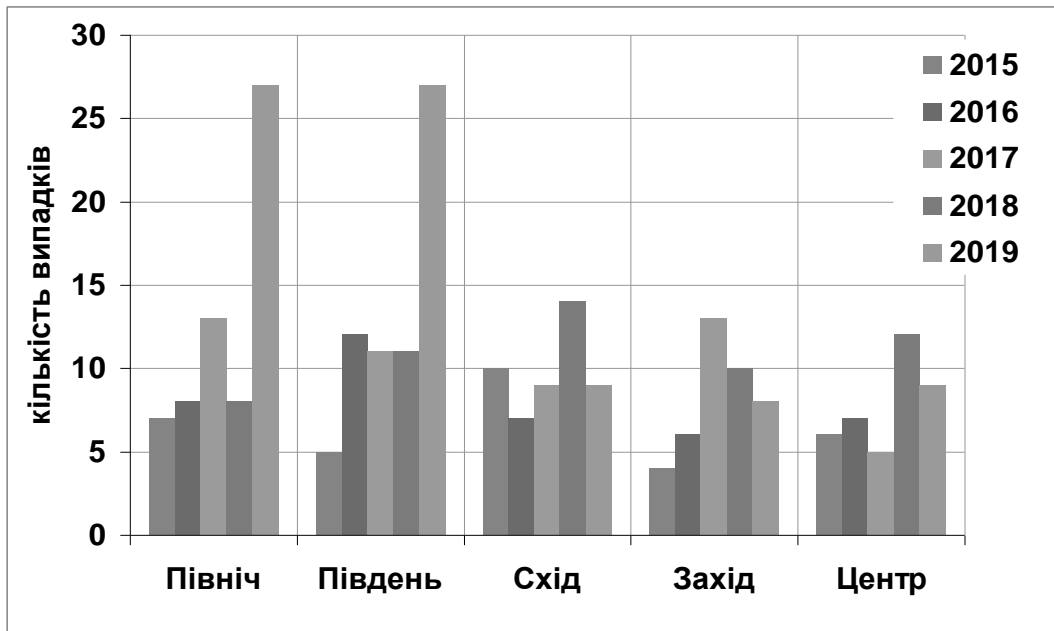


Рис.4.3. Річна регіональна повторюваність шквалів на території України за теплі періоди 2015-2019 рр.

Проте західні регіони склали хоча і дещо більшу частку – 41 випадок, але це дані 8 областей, а центр країни – чотири області. З іншого боку, максимум повторюваності шквалів на півдні сформований за даними лише трьох областей, з яких Одещина і визначила такий високий показник – 78% серед південних областей і загалом екстремум серед усіх областей – 20%.

На другому місці за високими показниками формування шквалів – Київська область – 35 випадків (14%). Показники інших областей суттєво відстають і не перевищують 8%.

Найрідше шквали формувалися у Закарпатті і Вінницькій області – лише по 1 випадку; Сумській, Чернівецькій, Івано-Франківській областях - по 2 та у Запорізькій - 3. При цьому на Рівненщині шквали в останні 5 років не зафіксовані.

Розподіл шквалів за роками по областях і регіонах досить неоднорідний. Так, по півночі країни найвищі показники повторюваності шквалів припадають на 2017 і 2019 рр. (13 і 27); на сході та у центрі країни – у 2018 р. (14); на заході – у 2017 р. (1); на півдні - у 2019 р. (27).

Розглянемо поетапно річний розподіл шквалів – рис.4.4-4.8. У 2015 р. найчастіше шквали формувалися на сході – 10 випадків, а найрідше на заході – 4 шквали, в багатьох областях шквали не спостерігалися – рис.4.4.



Рис.4.4. Повторюваність шквалів по областях України за теплий період 2015 р. (кількість випадків)

У наступному 2016-му році частота утворення шквалів збереглася низькою 7-8 випадків по регіонах і лише на півдні число шквалів зросло до 12 за рахунок шквалів в Одеській області (по різних станціях) – 9 – рис.4.5.



Рис.4.5. Повторюваність шквалів по областях України за теплий період 2016 р. (кількість випадків)

2017-го року повторюваність шквалів поступово зростає на півночі і заході до 13, а у центрі країни залишається найменшою - 5 випадків - рис.4.6.



Рис.4.6. Повторюваність шквалів по областях України за теплий період 2017 р. (кількість випадків)

У 2018 р. кількість шквалів зростає на сході – до максимальних показників у цьому регіоні -14, також збільшується число шквалів у центрі країни – 12, та залишається досить високим на заході – 10 випадків – рис.4.7.



Рис.4.7. Повторюваність шквалів по областях України за теплий період 2018 р. (кількість випадків)

Показники повторюваності шквалів у 2019 р. наведено на рис.4.8.



Рис.4.8. Повторюваність шквалів по областях України за теплий період 2019 р. (кількість випадків)

Так, хоча повторюваність шквалів мала максимум саме у 2019 р., такі показники склалися, в основному, за рахунок різкого збільшення шквалів на півночі і півдні – по 27 шквалів. Північ країни має максимум за рахунок частих шквалів на Київщині – 18 випадків, а південь – за рахунок Одещини – 22 випадки. У центрі, на заході і сході у цей рік частота шквалів, у порівнянні з попереднім 2018 р., навіть дещо зменшилася.

На другому етапі дослідження визначено особливості місячного розподілу шквалів у загальному, за регіонами країни та окремо за областями – табл. 4.2-4.3, рис.4.9-4.10.

Таблиця 4.2 – Місячна повторюваність шквалів по регіонах України за теплий період 2015-2019 рр.

Регіон	Місяць							Всього
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
північ	4	6	14	21	13	4	1	63
схід	0	4	13	23	6	1	2	49
захід	2	9	7	13	4	3	3	41
центр	2	4	9	17	3	4	0	39
південь	2	4	25	17	13	4	1	66
Всього	10	27	68	91	39	16	7	258

Відповідно до середньокліматичних показників, спостерігається значна перевага шквалів у липні – 35% (9), досить висока повторюваність червневих шквалів – 26%.

Найрідше шквали відмічалися у жовтні – лише 7 випадків (3%), що відповідає сезонному зниженні активності конвекції. Звертає увагу збільшення частоти шквалів у травні – 10%.

Крива ходу повторюваності шквалів на рис.4.9 чітко демонструє практично симетричний розподіл при зростанні числа шквалів до середини літа і зниження до середини осені. Загалом частка весняних і осінніх шквалів близька – 37 і 33 відповідно.



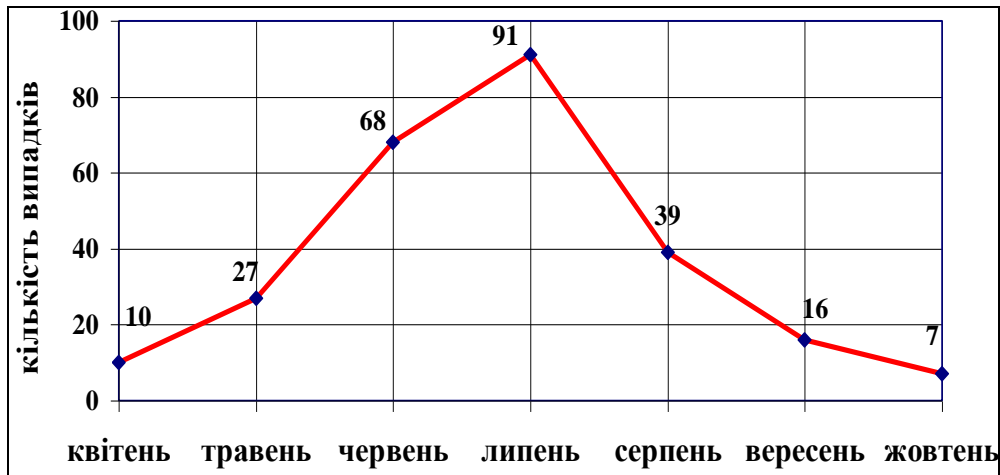


Рис. 4.9. Загальна місячна повторюваність шквалів на території України за теплий період 2015-2019 рр.

По регіонах розподіл дещо нерівномірний – на півдні максимум шквалоутворення припав на червень – 25 випадків. Весняні шквали найчастіше відмічалися на заході – 11 випадків, з них – 9 у травні (рис.4.10).

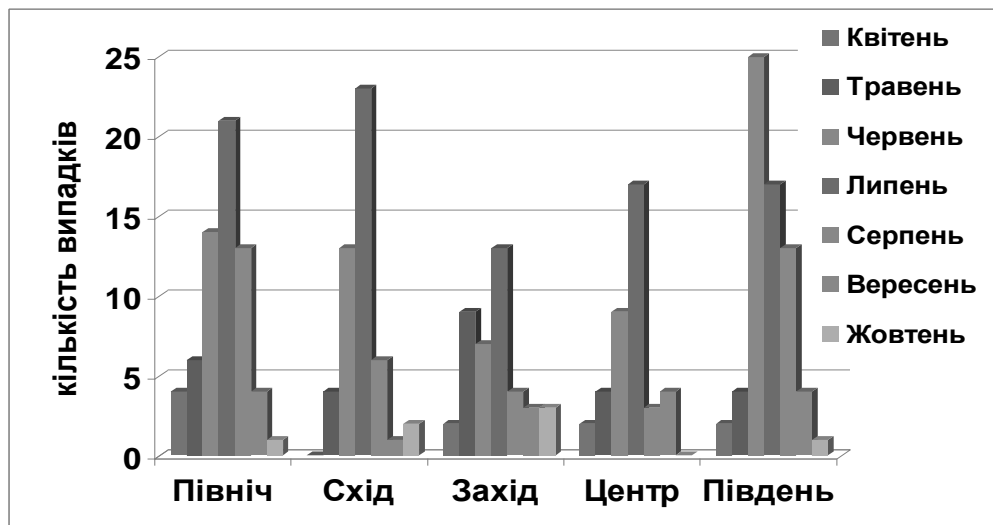


Рис. 4.10. Регіональна місячна повторюваність шквалів на півдні України за теплий період 2015-2019 рр.

Детальний розподіл по областях (табл.4.3) показує, що квітневі шквали відмічалися лише на деяких станціях Одеської, Черкаської і Чернігівської області (по 2 в області) і поодинокі випадки у Житомирській, Львівській, Сумській і Тернопільській областях. У травні найчастіше шквали

спостерігалися у Львівській області – 5 та Одеській - 4, по 3 випадки в Київській, Волинській, Харківській і Черкаських областях.

Таблиця 4.3 - Місячна повторюваність шквалів на території України за теплий період 2015-2019 рр. (кількість випадків)

Області	Місяць							Всього
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
Вінницька	0	0	1	0	0	0	0	1
Дніпропетровська	0	0	7	8	2	0	0	17
Донецька	0	0	2	1	2	0	0	5
Житомирська	1	1	4	4	1	1	0	12
Запорізька	0	0	0	2	1	0	0	3
Івано-Франківська	0	0	0	0	1	0	1	2
Київська	0	3	7	10	12	2	1	35
Кіровоградська	0	0	2	9	3	2	0	16
Волинська	0	3	1	1	2	0	0	7
Луганська	0	1	2	9	0	1	1	14
Львівська	1	5	4	7	0	3	2	22
Миколаївська	0	0	2	3	1	1	0	7
Одеська	2	4	19	14	10	2	1	52
Полтавська	0	1	0	2	0	1	0	4
Рівненська	0	0	0	0	0	0	0	0
Сумська	1	0	1	0	0	0	0	2
Тернопільська	1	1	1	1	1	0	0	5
Закарпатська	0	0	0	1	0	0	0	1
Харківська	0	3	2	3	1	0	1	10
Херсонська	0	0	4	0	2	1	0	7
Хмельницька	0	0	0	2	0	0	0	2
Черкаська	2	3	6	6	0	1	0	18
Чернівецька	0	0	1	1	0	0	0	2
Чернігівська	2	2	2	7	0	1	0	14
Всього	10	27	68	91	39	16	7	258

Літні шквали не відмічалися на ряді областей у кожному з місяців, максимум припадає на Одеську область у червні і липні (19 і 14); серпневі шквали найчастіше формувалися у Київській області – 12. У вересні найбільша повторюваність шквалів у Львівській області – 3 випадки.

Проаналізуємо повторюваність шквалів за строками спостережень – табл. 4.4, рис. 4.11.

Таблиця 4.4 – Повторюваність шквалів за строками спостереження на території України за теплий період 2015-2019 рр. (кількість випадків)

Рік	Строки спостереження, год. МСЧ							
	00-03	03-06	06-09	09-12	12-15	15-18	18-21	21-00
2015	0	0	2	4	10	10	5	1
2016	0	0	0	8	20	5	3	4
2017	3	1	1	9	14	16	5	3
2018	0	1	2	9	21	15	5	4
2019	0	0	1	15	35	18	8	0
Всього	3	2	6	45	100	64	26	12



Рис. 4.11. Повторюваність шквалів за строками спостережень на території України за теплий період 2015-2019 рр.

Відповідно до добового ходу розвитку конвекції в полуденні та післяполуденні години, графік розподілу виникнення шквалів ілюструє зростання частки шквалів саме на інтервал часу 12-15 год. – 39%.

Досить велика кількість шквалів спостерігається у часові проміжки 09-12 та 15-18 год. (17% і 21% відповідно). Найрідше шквали формувалися типово вночі та зранку, проте у надвечірні години до 21 МСЧ ймовірність виникнення явища залишається високою.

На наступному етапі визначено повторюваність шквалів за ступенем небезпеки – табл. 4.5, рис. 4.12.

Таблиця 4.5 - Повторюваність шквалів за градаціями на території України за теплий період 2015-2019 рр. (кількість випадків)

Рік	Градація явища			
	слабкий шквал $<15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$	НМЯ I рівня від 15 до $24 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$	СМЯ II рівня сильний шквал від 25 до $34 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$	СМЯ III рівня надзвичайний шквал $\geq 35 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$
2015	2	28	1	1
2016	2	35	3	0
2017	1	45	5	0
2018	3	52	0	0
2019	2	71	7	0
Всього	10	231	16	1

В результаті, максимум зареєстрованих шквалів припадає на градацію НМЯ зі швидкістю вітру від 15 до  $24 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  - 231 випадок за 5 років, що становить  $\approx 90\%$ . Слабкі шквали зі швидкістю до  $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  реєструвалися рідко – 10 випадків. Сильні шквали також мали низьку повторюваність.

Лише один випадок за досліджуваний період 2015–2019 рр. характеризує виникнення СМЯ III рівня - надзвичайний шквал зі швидкістю  $37 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  на станції Одеса АМСЦ 3 квітня 2015 р., що також є екстремальним відповідно до такого раннього календарного строку.

Шквали у градації  $25-34 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  переважно формувалися у Київській та Одеській областях.

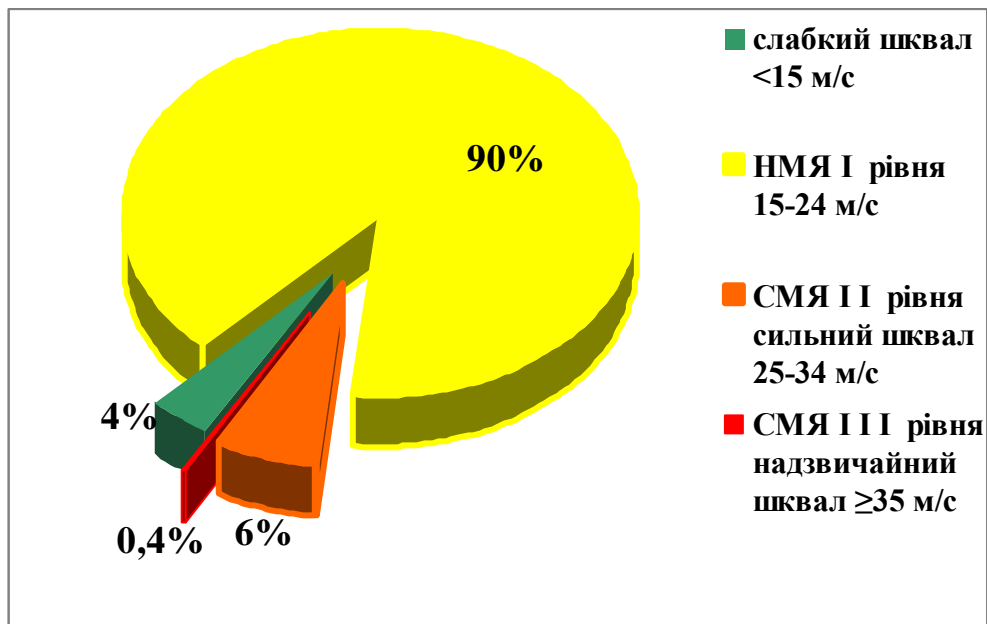


Рис.4.12. Загальна повторюваність шквалів за інтенсивністю на території України за теплий період 2015-2019 рр., (%)

За роками повторюваність шквалів у різних градаціях зберігає тенденцію, слабкі – 1-3 випадки кожного року, різке збільшення шквалів 15-24 м·с<sup>-1</sup> в усіх роках і сильні шквали мають дещо більшу повторюваність у 2019 р. – 7.

Аналізуючи окремо повторюваність шквалів за інтенсивністю по областях – табл.4.6, рис.4.13, відзначимо деякі особливості розподілу. Так, слабкі шквали на ряді областей не відмічені, по 2 випадки у Львівській та Одеській області. Шквали градації НМЯ I домінують на Одещині - 46 випадків, що становить 18%, також значна кількість шквалів такої інтенсивності зареєстрована у Київській області – 29 (11%), Львівській - 19 та Черкаській – 18 випадків. І лише по одному шквалу такої сили спостерігалось у Вінницькій і Хмельницькій областях та на Закарпатті.

Відмінним є розподіл сильних шквалів градації СМЯ II рівня небезпеки: максимальна повторюваність таких шквалів у Київській області – 5, це 2 випадки - А/П Київ Жуляни (25 і 27 м·с<sup>-1</sup>), А/П Бориспіль - 29 м·с<sup>-1</sup>, ст.Баришівка та Біла Церква (25 м·с<sup>-1</sup>).

В Одеській області відмічено 3 сильних шквали: ст.Одеса – 29 м·с<sup>-1</sup> та Одеса АМСЦ - 27 м·с<sup>-1</sup> 7 серпня 2016 р. і шквал у Любашівці 02 липня 2019 р. - 26 м·с<sup>-1</sup>. По деяких інших областях по одному сильному шквалу – Чернігівська, Дніпропетровська, Харківська, Волинська, Львівська та Хмельницька та 2 шквали у Тернопільській області.

Таблиця 4.6 - Повторюваність шквалів за градаціями на території України за теплий період 2015-2019 рр. (кількість випадків)

Область	Градація шквалів			
	слабкий шквал <15 м·с <sup>-1</sup>	НМЯ I рівня від 15 до 24 м·с <sup>-1</sup>	СМЯ II рівня сильний шквал від 25 до	СМЯ III рівня надзвичайний шквал ≥35 м·с <sup>-1</sup>
Вінницька	0	1	0	0
Дніпропетровська	1	15	1	0
Донецька	0	5	0	0
Житомирська	0	12	0	0
Запорізька	0	3	0	0
Івано-Франківська	0	2	0	0
Київська	1	29	5	0
Кіровоградська	0	16	0	0
Волинська	0	6	1	0
Луганська	1	13	0	0
Львівська	2	19	1	0
Миколаївська	0	7	0	0
Одеська	2	46	3	1
Полтавська	1	3	0	0
Рівненська	0	0	0	0
Сумська	0	2	0	0
Тернопільська	0	3	2	0
Закарпатська	0	1	0	0
Харківська	1	8	1	0
Херсонська	0	7	0	0
Хмельницька	0	1	1	0
Черкаська	0	18	0	0
Чернівецька	0	2	0	0
Чернігівська	1	12	1	0
Всього	10	231	16	1

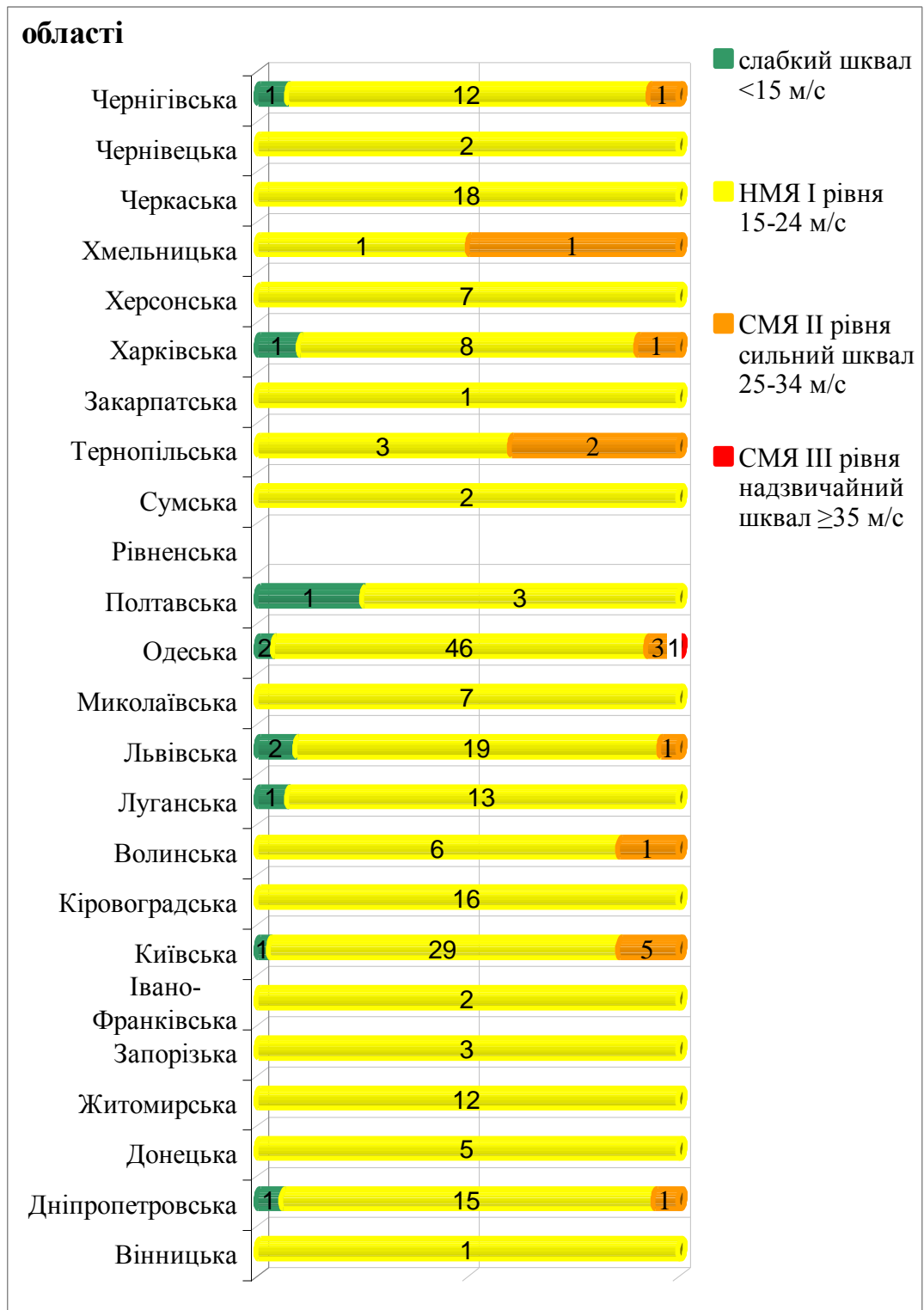


Рис 4.13. Повторюваність шквалів за інтенсивністю по областях України за теплий період 2015-2019 рр.

## 4.2 Умови формування пізніх і ранніх шквалів

Для дослідження особливостей циркуляційних умов відібрано виникнення шквалів у найбільш ранні та пізні календарні строки за період 2015-2019 рр. – 4 випадки.

Ранні шквали – це 2 випадки за однакові дати 3 квітня 2015 та 2017 рр., та пізні шквали – 29 жовтня 2017 р. і 24 жовтня 2018 р.

Розглянемо синоптичні процеси, які зумовили формування небезпечних явищ у встановленому порядку.

3 квітня 2015 р. на ст. Одеса АМСЦ зареєстровано шквал інтенсивності СМЯ ІІІ рівня –  $37 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  в 12:43, що супроводжувався грозою, зливовим дощем та градом з діаметром 11 мм.

За картами погоди та знімками МШСЗ (рис.4.14-4.15) визначено, що формування шквалу відбулося в системі пірнаючого циклону, з північною траєкторією зі Скандинавії. На 06 UTC у видовженій улоговині циклону формується центр над південним сходом Європи, система хмарності якого виразно простежується за супутниковими даними – рис.4.14.

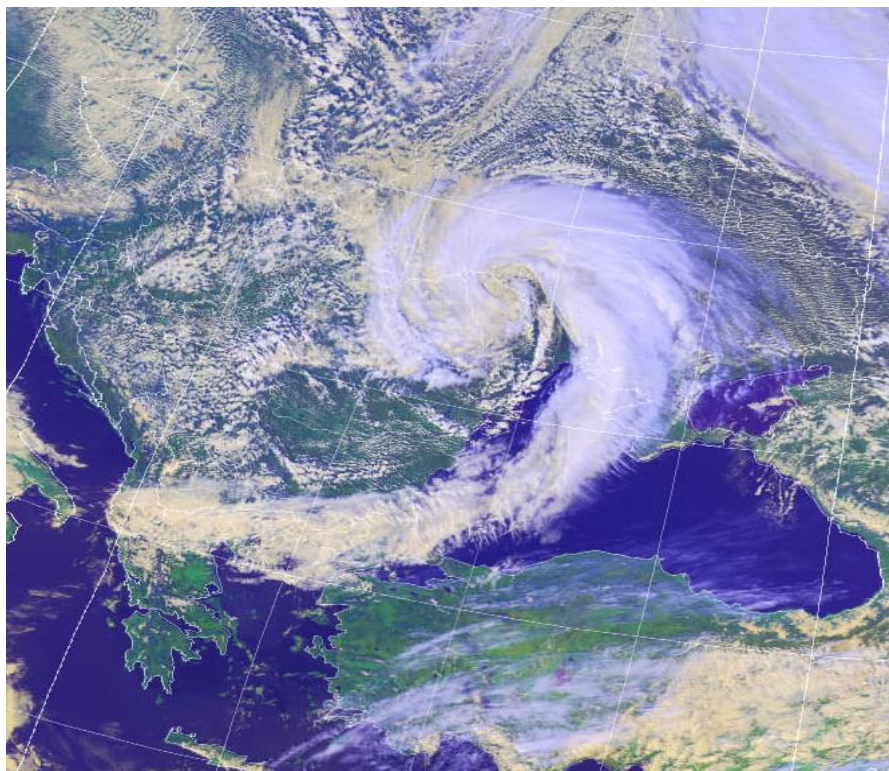


Рис.4.14. Супутниковий знімок NOAA-19 03.04.2015 р., 11:41 UTC



Висотно фронтальна зона зі значною меридіональною складовою над східною Європою за даними карти АТ-500 визначає поглиблений висотний центр вихору над Польщею, просторова вісь практично вертикальна, циклон практично термічно однорідний - холодний за даними карти ВТ-500/1000. В результаті, через південно-західну Україну визначався меридіонально орієнтований арктичний фронтальний розділ у зоні значних термобаричних градієнтів, холодна ділянка якого проходила через Одеську область. При цьому, за знімками хмарності шквал сформувався не в системі основного холодного фронту, а за ним – на вторинному холодному фронті, який виділяється вузькою лінією нестійкості у тилу циклону.

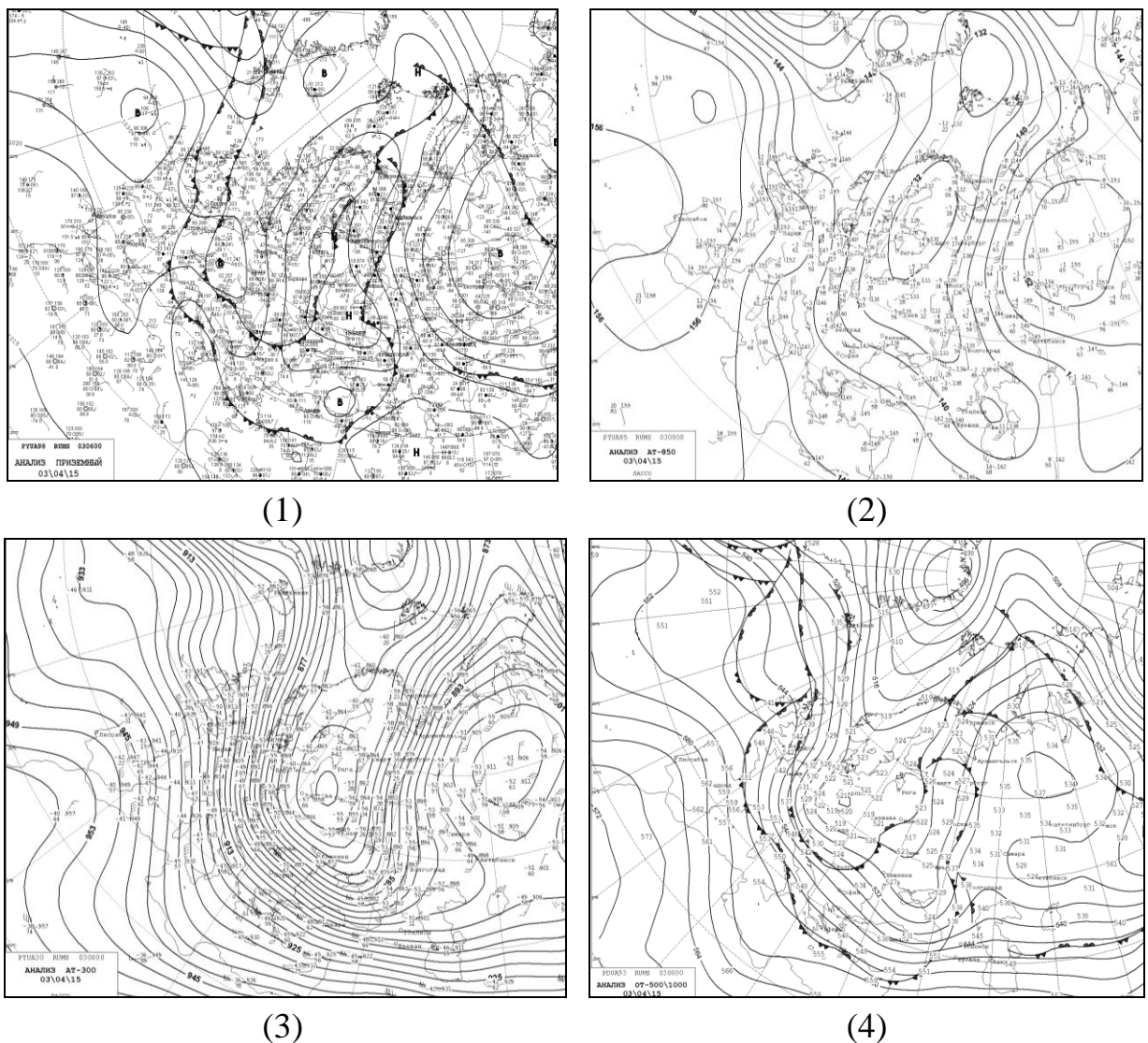


Рис. 4.15. Синоптичні карти 03.04.2015 р.: (1) - приземна карта погоди, 06 UTC; (2) - АТ-850, 00 UTC; (3) - АТ-500, 00 UTC; (4) - ВТ-500/1000, 00 UTC

Інший зареєстрований випадок раннього шквалу 3 квітня 2017р. о 15:06 - у Ніжині Чернігівської області  $16 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , сухий, супроводжувався грозою – рис. 4.16-4.17. Ділянка холодного фронту зональної орієнтації проходила по північній периферії термічного гребеня у зоні максимальних градієнтів. Розвитку конвекції сприяв аномальний хід температури для даної території відповідно календарних строків, максимальна температура за 3 квітня у Ніжині становила  $23,1^{\circ}\text{C}$ . Шквал виник в області скупчення купчасто-дошової хмарності лінійної структури, яка відповідала полярному фронтальному розділу, пов'язаному з низьким циклоном над ЄТР та південним циклоном над Італією.

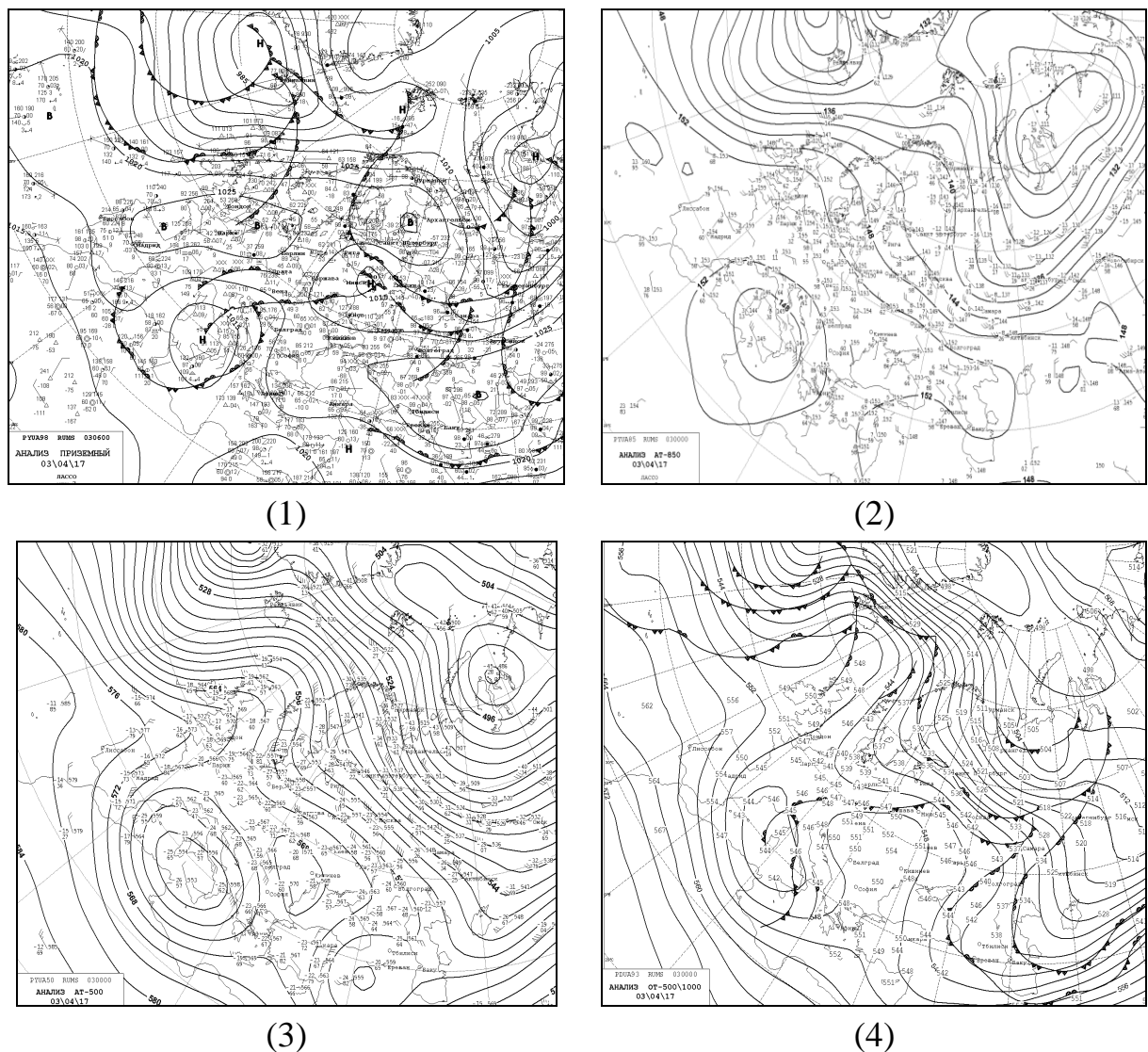


Рис. 4.16. Синоптичні карти 03.04.2017 р.: (1) - приземна карта погоди, 06 UTC; (2) - АТ-850, 00 UTC; (3) - АТ-500, 00 UTC; (4) - ВТ-500/1000, 00 UTC

За знімками хмарності саме над Чернігівською областю виділяється конвективна хмарність яскраво білого тону.

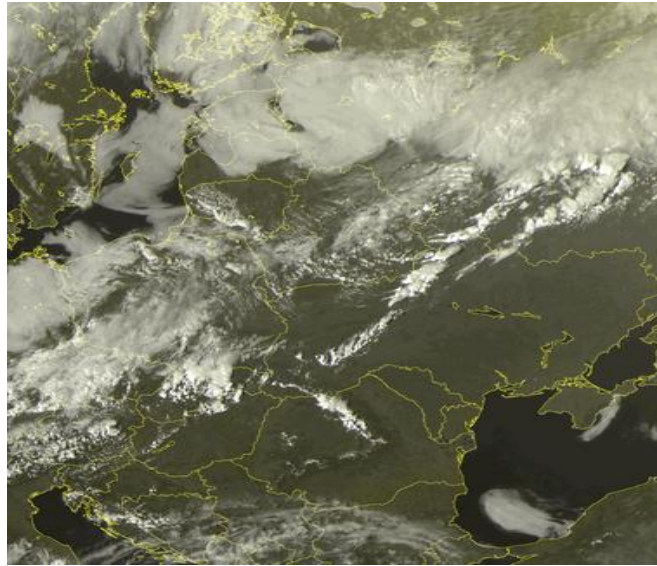


Рис.4.17. Супутниковий знімок METEOSAT MSG 03.04.17р., 14:00 UTC

Розглянемо синоптичні процеси, за яких виникли пізні шквали, представляє інтерес, що в обох відібраних випадках синоптичний процес практично ідентичний – це система пірнаючого циклону.

Перший випадок, найбільш пізній строк 29 жовтня 2017 р., шквал зареєстрований у Бродях Львівської області в 11:30,  $16 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  без супутніх явищ погоди – рис.4.17-4.18.

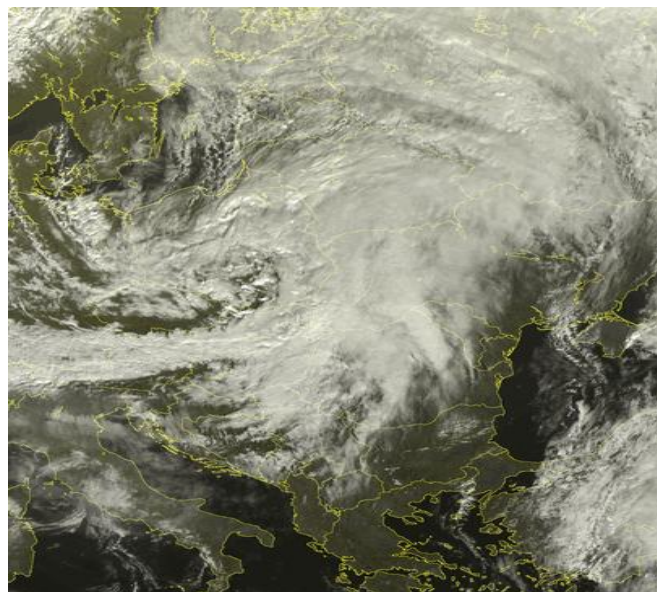


Рис.4.18. Супутниковий знімок METEOSAT MSG 29.10.17р., 10:00 UTC

Масштабний глибокий пірнаючий циклон зміщувався з районів Норвезького і Баренцового морів через Скандинавію, до 06 UTC циклон мав 2 центри, основний центр оформився над Прибалтикою ( $p_{\min}=973,7$  гПа). Шквал сформувався на холодному фронті оклюзії полярної системи. На висотних картах виділяється струминна течія над центральною Європою, Львівська область знаходиться у дельті висотно фронтальної зони.

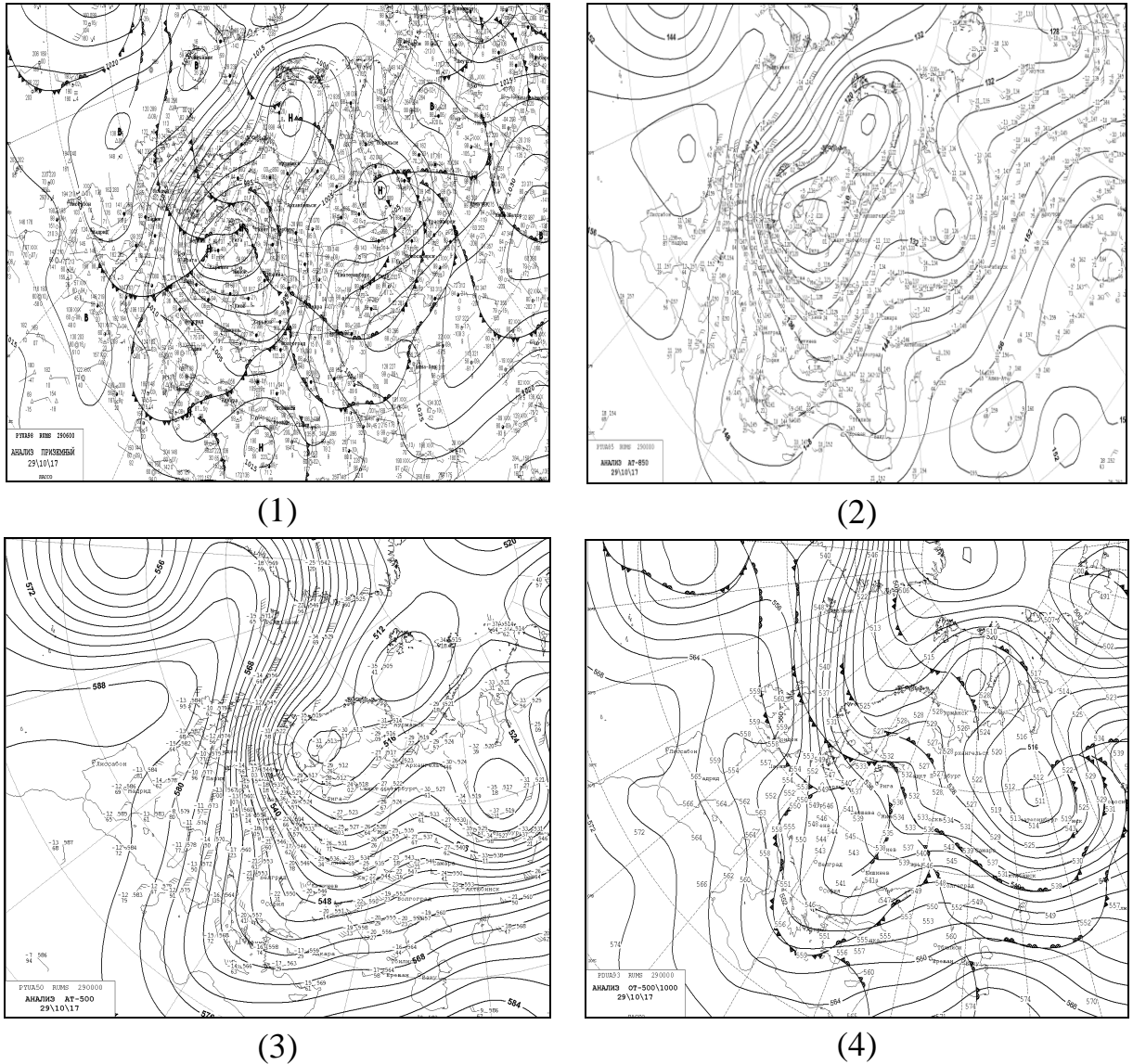
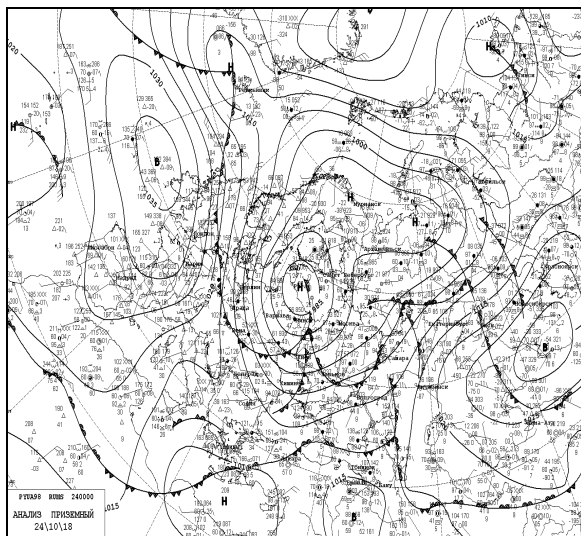


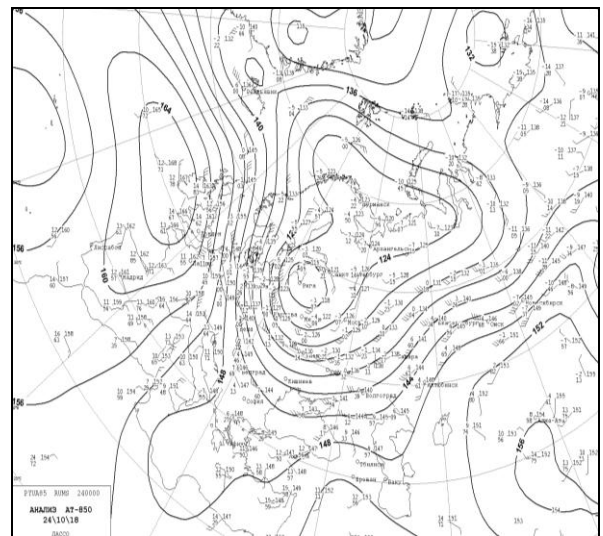
Рис. 4.19. Синоптичні карти 29.10.2017 р.: (1) - приземна карта погоди, 06 UTC; (2) - АТ-850, 00 UTC; (3) - АТ-500, 00 UTC; (4) - ВТ-500/1000, 00 UTC

Останній випадок – пізній шквал 24 жовтня 2018 р. у Сербці Одеської області в 12:23,  $21 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  без супутніх явищ погоди - рис.4.19-4.20.

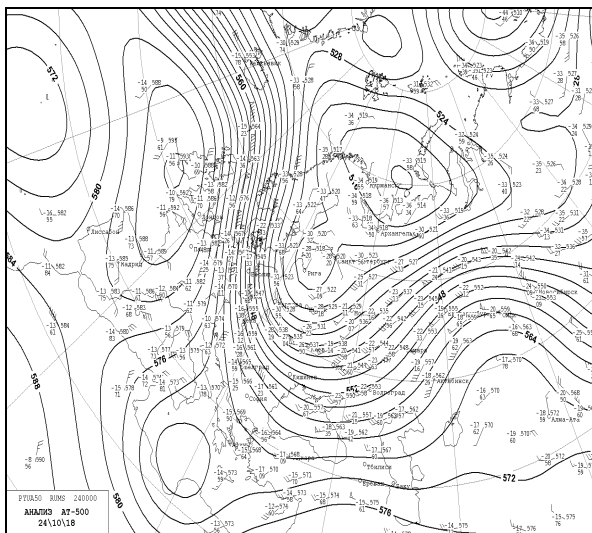
Циркуляційні процеси в обох випадках подібні як біля поверхні землі так і на висотах. Пірнаючий циклон мав траєкторію руху з Баренцового моря через Скандинавію на східну Європу. Мінімум тиску в центрі над Мінськом на 00 UTC становив 958 гПа. На картах погоди виділяються два потужних суміжних антициклони – азорський і сибірський, що сприяють переміщенню циклону на південь. Арктичний фронт з хвилями широтної орієнтації проходив по периферії циклону, що вказує на пізню стадію розвитку, при зміщенні фронтальних систем з центру в зону найбільших температурних контрастів. За даними карти ВТ-500-1000 циклон холодний.



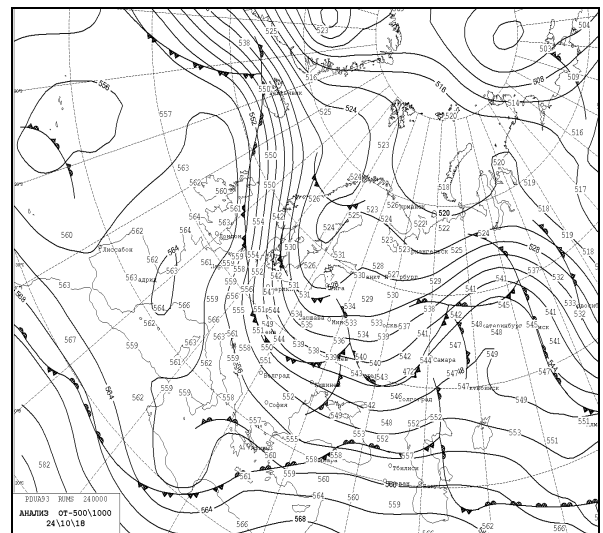
(1)



(2)



(3)



(4)

Рис. 4.20. Синоптичні карти 24.10.18 р., 00 UTC: (1) - приземна карта погоди; (2) - АТ-850; (3) - АТ-500; (4) - ВТ-500/1000

До 12 год. на південний захід країни змістилася холодна ділянка арктичного фронту, що чітко демонструє супутниковий знімок хмарності – потужна масштабна хмарна циклону спіралеподібної структури з виділеними осередками і скупченнями купчасто-дощової хмарності - рис.4.21.

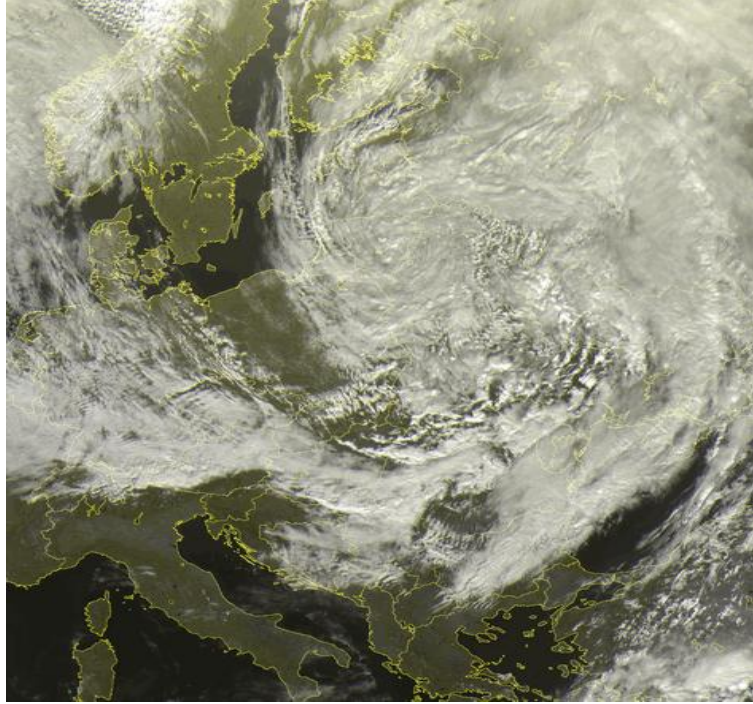


Рис.4.21. Супутниковий знімок METEOSAT MSG 24.10.18р., 11:00 UTC

## ВИСНОВКИ

Досліджено розподіл шквалів по території України у тепле півріччя 2015-2019 рр. Проведений аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

1. За теплий період 2015-2019 рр. спостерігалось 258 випадків шквалів різної інтенсивності. З року в рік кількість шквалів зростала: від 2015 р. до 2019 р. частота шквалоутворення збільшилася у 2,5 рази.
2. У 2019 р. зареєстровано максимальну кількість шквалів – 80 (31%), в основному, при різкому збільшенні шквалів на півночі і півдні – по 27 шквалів. Північ країни має максимум за рахунок частих шквалів на Київщині – 18 випадків, а південь – за рахунок Одещини – 22 випадки за цей рік.
3. у Загальному найбільш шквалонебезпечним є південь і північ країни - 66 і 63 випадків відповідно. Підвищена повторюваність шквалів на сході - 49 випадків. Мінімум шквалоутворення припадає на центральні області - 39 випадків (15%).
4. Максимум повторюваності шквалів на півдні сформований за даними лише трьох областей, з яких Одещина визначила такий високий показник – 78% серед південних областей і загалом екстремум серед усіх областей – 20%. На другому місці за повторюваністю шквалів – Київська область – 35 випадків (14%). Показники інших областей не перевищують 8%. Найрідше шквали формувалися на Закарпатті і у Вінницькій області – по 1 випадку. На Рівненщині шквали в останні 5 років не зафіксовані.
5. Розподіл шквалів за роками по областях неоднорідний: по півночі найвищі показники у 2017 і 2019 рр. (13 і 27); на сході та у центрі країни – у 2018 р. (14); на заході – у 2017 р. (1); на півдні - у 2019 р. (27).
6. Місячна повторюваність шквалів відповідає середньо кліматичному розподілу - максимум шквалів у липні – 35% (9), висока повторюваність червневих шквалів – 26%. Найрідше шквали відмічалися у жовтні – 7 випадків (3%), що відповідає сезонному зниженні активності конвекції. Збільшення частоти шквалів відмічається у травні – 10%.

7. По регіонах місячний розподіл шквалів нерівномірний – на півдні максимум у червні – 25 випадків; весняні шквали найчастіше відмічалися на заході – 11 (з них – 9 у травні).
8. У добовому ході максимум формування шквалів спостерігається на 12-15 год. – 39%. Значна кількість шквалів виникає у строки 09-12 та 15-18 год. (17% і 21% відповідно). Найрідше шквали формувалися вночі та зранку.
9. Визначено повторюваність шквалів за ступенем небезпеки. Максимум зареєстрованих шквалів припадає на градацію НМЯ зі швидкістю вітру 15-24 м·с<sup>-1</sup> - 231 випадок (≈90%). Слабкі шквали реєструвалися рідко – 10 випадків. Сильні шквали також мали низьку повторюваність. Лише один випадок виникнення СМЯ III рівня - надзвичайний шквал зі швидкістю 37 м·с<sup>-1</sup> на станції Одеса АМСЦ.
10. Досліджено особливості циркуляційних умов виникнення шквалів у найбільш ранні та пізні календарні строки. Це ранні шквали – 3 квітня 2015 р. та 2017 рр., та пізні шквали – 29 жовтня 2017 р. і 24 жовтня 2018 р. Обидва пізні шквали у жовтні та ранній шквал (стихійний) 03.04.2015 р. виникли у системі пірнаючого циклону практично при ідентичній структурі як приземного, так і висотного термобаричних полів. Усі шквали сформувалися на холодних фронтах та холодному фронті оклюзії.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алексеева А.А. Метод прогноза сильных шквалов // Метеорология и гидрология, 2014. № 9. С.5-15.
2. Алексеева А.А., Лосев В.М., Песков Б.Е., Васильев Е.В., Никифорова А.Е. Прогноз развития зон активной конвекции с особо опасными явлениями на основе региональной модели Гидрометцентра России // 80 лет Гидрометцентру России. М.: ТРИАДА ЛТД, 2010. С.147-159.
3. Алексеева А.А., Юсупов Ю.И., Багров А.Н., Демидова О.Ю., Смирнова И.М., Черногубова Ю.Я. Результаты испытания метода прогноза шквалов с использованием термодинамических параметров атмосферы и потенциального вихря Эртеля // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. 2015. № 42. С.15–38.
4. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине // Глобальные и региональные изменения климата; под ред. Осадчего В.И. К.: Ника-Центр, 2011. С.161-173.
5. Балабух В.О. Зміна інтенсивності конвекції в Україні: причини та наслідки. URL: <https://meteo.gov.ua/files/content/docs/Vinnitsa/UkrGMI.pdf> (дата звернення: 28.10.2019).
6. Балабух В.О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні // Наук. праці УкрНДГМІ, 2008. Вип. 257. С.61-72.
7. Барабаш М.Б., Татарчук О.Г., Гребенюк Н.П., Корж Т.В. Практичний напрямок досліджень зміни клімату в Україні // Фізична географія та геоморфологія. К.: ВГЛ «Обрії», 2009. Вип. 57. С.28–36.
8. Заключний звіт за результатами НДР «Проведення просторового аналізу тенденцій зміни частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ на території України внаслідок зміни клімату». URL: <https://uhmi.org.ua/project/rvndr/extrime.pdf> (дата звернення: 28.10.2019).
9. Клімат України / Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ. Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
10. Лялько В.І., Єлістратова Л.О., Кульбіда М.І., Апостолов О.А., Барабаш М.Б. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. Вип.6. С.33-63.

11. Мазур И.И. Опасные природные процессы. Вводный курс: учебник для вузов. М.: Экономика, 2004. 702 с.
12. Назаренко А.В. Опасные природные явления. Часть III. Опасные явления погоды конвективного происхождения: Учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. 62 с.
13. Настанова з метеорологічного прогнозування. Укр.ГМЦ. Київ. 2019.URL: [https://meteo.gov.ua/ua/33345/meteorology/meteorology\\_guidance\\_documents\\_useful\\_information/](https://meteo.gov.ua/ua/33345/meteorology/meteorology_guidance_documents_useful_information/) (дата звернення: 28.10.2019).
14. Переходцева Е.В., Золин Л.В. Гидродинамико - статистический прогноз и экспертная система прогноза смерчей на европейской территории России // Труды ГМЦ России. 2008. Вып. 342. С.45–54.
15. Поморцева А.А., Калинин Н.А. Аналитический обзор современного состояния исследований шквалов: условия возникновения, методы диагноза и прогноза // Географический вестник. № 38. 2016. С.90-104.
16. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, ч.1. Л.: Гидрометеиздат, 1986. С.527-536.
17. Юсупов Ю.И. К вопросу об оперативном прогнозе шквалов // Труды ГМЦ России. 2008. Вып. 342. С.55–78.
18. Юсупов Ю.И. Метод прогноза шквалов с использованием термодинамических параметров атмосферы и потенциального вихря Эртеля // Метеорология и гидрология. 2013. №11. С.55–63.
- 19.<http://method.meteorf.ru/>
- 20.<http://old.wetterzentrale.de/topkarten/fssatms1.html>
- 21.<https://rp5.ru>

## Додаток А

## Довідка

кафедри метеорології та кліматології  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
маг. гр. МЗМ-18\_Антонова Владислава Володимировича  
на тему  
«Характеристики шквалоутворення на території України»

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.

В.о. зав. кафедри

/Прокоф'єв О.М./

## Додаток Б

## Вихідні дані

Таблиця Б.1 – Повторюваність шквалів на території України у теплий період 2015-2019 рр.

Дата/ час	Станція	Характеристики шквалів	
		швидкість вітру при шквалі, м·с <sup>-1</sup>	явища погоди
1	2	3	4
03.04.2015 12:43	Одеса АМСЦ	37	шквал, гроза, зливовий дощ, град 11 мм
27.04.2015 11:27	Ніжин (Чернігівська обл.)	17	шквал, гроза
20.05.2015 15:34	Рава-Руська (Львівська обл.)	17	шквал, гроза
20.05.2015 14:19	Яворів (Львівська обл.)	20	шквал, гроза
26.05.2015 18:06	А/П Бориспіль	16	шквал, злива, гроза, град
27.05.2015 15:05	Черкаси	21	шквал, гроза
28.05.2015 20:25	Маріуполь (Донецька обл.)	17	шквал, гроза
31.05.2015 15:27	Любашівка (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
03.06.2015 13:42	Сарата (Одеська обл.)	18	шквал, гроза, град 7 мм
10.06.2015 12:09	Сербка (Одеська обл.)	18	шквал, гроза, град 4 мм
15.06.2015 06:54	Рава-Руська (Львівська обл.)	16	шквал, гроза
15.06.2015 16:07	А/П Бориспіль	16	шквал, гроза
19.06.2015 09:05	Маріуполь (Донецька обл.)	20	шквал, сильний зливовий дощ 74/5, гроза
20.06.2015 15:15	В. Бурлук (Харківська обл.)	16	шквал, гроза
26.06.2015 19:05	В. Бурлук (Харківська обл.)	25	шквал, гроза
26.06.2015 16:47	Біловодськ (Луганська обл.)	15	шквал, гроза
06.07.2015 13:41	Харків	20	шквал, гроза
06.07.2015 13:39	Сватово (Луганська обл.)	16	шквал, гроза
09.07.2015 15:24	Гайворон (Кіровоградська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ 108/6

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
09.07.2015 18:50	Прилуки (Чернігівська обл.)	14	шквал, злива, гроза
15.07.2015 12:06	Селятин (Чернівецька обл.)	24	шквал, злива
16.07.2015 11:35	Новопсков (Луганська обл.)	14	шквал, гроза
20.07.2015 15:05	Остер (Чернігівська обл.)	18	шквал, гроза
20.07.2015 15:15	Чигирин (Черкаська обл.)	22	шквал, злива, гроза
26.07.2015 13:37, 14:35	Житомир	15/15	шквал, гроза
28.07.2015 11:56	Дніпро	18	шквал, гроза
28.07.2015 07:18	Кропивницький	16	шквал, гроза
14.08.2015 13:47	Пришиб (Запорізька обл.)	15	шквал, злива, град 7 мм, гроза
04.09.2015 20:17	Щорс (Чернігівська обл.)	16	шквал, гроза
05.09.2015 16:10	Первомайськ (Миколаївська обл.)	20	шквал, злива, гроза
05.09.2015 21:10	Гайворон (Кіровоградська обл.)	17	шквал, гроза
26.09.2015 13:53	Чигирин (Черкаська обл.)	16	шквал, гроза
Всього за 2015 р.		32	
13.04.2016 12:59	Чигирин (Черкаська обл.)	16	шквал, гроза
14.04.2016 11:12	Сміла (Черкаська обл.)	15	шквал, гроза
20.04.2016 14:23	Тернопіль	23	шквал
11.05.2016 12:46	Стрий (Львівська обл.)	14	шквал, гроза, злива 24/1
25.05.2016 11:02	Дрогобич (Львівська обл.)	15	шквал, гроза
28.05.2016 18:25	Маріуполь (Донецька обл.)	20	шквал
29.05.2016 09:31	Харків	22	шквал, злива 35/1, град 6 мм, гроза
29.05.2016 11:45	Полтава	15	шквал, гроза
29.05.2016 14:29	Чернігів	18	шквал, гроза
06.06.2016 11:28	Чорноморськ (Одеська обл.)	14	шквал, гроза

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
10.06.2016 15:11	А/П Бориспіль	16	шквал, гроза
11.06.2016 14:44	Вінниця	18	шквал
12.06.2016 11:06	Усть-Дунайськ (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
20.06.2016 13:55	Порт Південний (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
28.06.2016 13:55	Канів (Черкаська обл.)	17	шквал, гроза
28.06.2016 09:46	Н. Сірогози (Херсонська обл.)	16	шквал, гроза
29.06.2016 14:14	Сарата (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
30.06.2016 12:59	Сербка (Одеська обл.)	15	шквал
01.07.2016 13:44	Дрогобич (Дніпропетр. обл.)	17	шквал, злива, гроза
02.07.2016 14:08	Семенівка (Чернігівська обл.)	16	шквал, гроза
03.07.2016 11:05	Броди (Львівська обл.)	20	шквал, гроза
14.07.2016 12:27	Олевськ (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза, сильний дощ 58/6
14.07.2016 17:33	Любешів (Волинська обл.)	15	шквал, гроза
17.07.2016 14:39	Олевськ (Житомирська обл.)	20	шквал, злива, град, гроза,
18.07.2016 22:40	Біловодськ (Луганська обл.)	19	шквал, гроза
18.07.2016 14:50	Харків	18	шквал, гроза
01.08.2016 12:32	Тернопіль	18	шквал, гроза
02.08.2016 13:37	Кропивницький	19	шквал, гроза
02.08.2016 16:10	Роздільна (Одеська обл.)	19	шквал, гроза, град зливовий дощ 45/1,
02.08.2016 16:40	Сербка (Одеська обл.)	23	шквал, гроза, злива, град 4 мм
02.08.2016 16:50	Вознесенськ (Миколаївська обл.)	17	шквал, гроза, злива, град 18 мм
07.08.2016 13:47	Нікополь (Дніпропетр. обл.)	15	шквал, гроза
07.08.2016 14:10	Одеса АМСЦ	27	шквал, гроза, злива, град 7 мм
07.08.2016 14:35	Одеса	29	шквал, злива 35/1, сильний дощ 55/2, гроза
12.08.2016 19:07	Куп'янськ (Харківська обл.)	17	шквал, гроза

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
17.08.2016 22:46	Київ Жуляни	21	шквал, гроза
18.08.2016 22:30	Яготин (Київська обл.)	17	шквал, гроза
20.08.2016 13:27	Кропивницький	17	шквал, гроза, град, злива
29.08.2016 21:55	Генічеськ (Херсонська обл.)	16	шквал, гроза
08.10.2016 18:42	Вишгород (Київська обл.)	16	шквал, гроза
Всього за 2016 р.		40	
03.04.2017 15:06	Ніжин (Чернігівська обл.)	16	шквал, гроза
20.04.2017 20:41	Одеса АМСЦ	22	шквал, налипання снігу, зливовий сніг 23/12
15.05.2017 16:25	Чорноморськ (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
20.05.2017 14:40	Усть-Дунайськ (Одеська обл.)	22	шквал, гроза
21.05.2017 10:56	Ковель (Волинська обл.)	16	шквал, гроза
21.05.2017 12:10	Маневичі (Волинська обл.)	20	шквал, гроза
27.05.2017 17:43	Сватово (Луганська обл.)	15	шквал, гроза
30.05.2017 10:46	Київ Жуляни	27	шквал, гроза, зливовий дощ
31.05.2017 10:31	Ковель (Волинська обл.)	15	шквал, гроза
07.06.2017 16:21	Чернівці	21	шквал, гроза, зливовий дощ 15/1, сильний дощ 31/5
20.06.2017 15:11	Б.Дністровський (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
21.06.2017 10:52	Новопсков (Луганська обл.)	15	шквал, гроза
21.06.2017 13:16	Порт Південний (Одеська обл.)	12	шквал, злива, гроза, град 5 мм
21.06.2017 13:24	Б.Дністровський (Одеська обл.)	19	шквал, гроза
23.06.2017 12:18	Яворів (Львівська обл.)	15	шквал, гроза
26.06.2017 16:45	Сміла (Черкаська обл.)	15	шквал, гроза
27.06.2017 22:35	Затишся (Одеська обл.)	19	шквал, гроза
29.06.2017 12:59	Броди (Львівська обл.)	18	шквал, гроза
01.07.2017 12:38	А/П Бориспіль	17	шквал, гроза

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
01.07.2017 12:52	Баришівка (Київська обл.)	25	шквал, гроза
03.07.2017 23:54	Одеса АМСЦ	22	шквал, гроза
04.07.2017 06:45	Маріуполь (Донецька обл.)	21	шквал, гроза
09.07.2017 13:53	Олевськ (Житомирська обл.)	16	шквал, гроза, зливовий дощ
11.07.2017 14:15	Ямпіль (Хмельницька обл.)	26	шквал, гроза, зливовий дощ
11.07.2017 15:13	Шепетівка (Хмельницька обл.)	15	шквал, гроза
13.07.2017 18:11	Кропивницький	16	шквал, гроза, зливовий дощ
13.07.2017 15:20	Черкаси	16	шквал, гроза
13.07.2017 10:26	Тетерів (Київська обл.)	16	шквал, гроза
13.07.2017 11:21	Київ Жуляни	18	шквал, гроза
13.07.2017 12:10	А/П Бориспіль	18	шквал, гроза
20.07.2017 17:10	Канів (Черкаська обл.)	17	шквал
23.07.2017 18:02	Яворів (Львівська обл.)	16	шквал, гроза
25.07.2017 15:09	Івано-Франківськ	23	шквал, гроза, злива 15/1, сильний дощ 29/3
25.07.2017 16:43	Тернопіль	27	шквал, гроза
27.07.2017 15:12	Київ Жуляни	16	шквал, гроза
27.07.2017 13:08	А/П Бориспіль	29	шквал, гроза, зливовий дощ
28.07.2017 12:58	Любашівка (Одеська обл.)	19	шквал, гроза, град 34 мм
28.07.2017 15:35	Чигирин (Черкаська обл.)	16	шквал, гроза
28.07.2017 22:15	Прилуки (Чернігівська обл.)	18	шквал, гроза
29.07.2017 00:11	Сватово (Луганська обл.)	17	шквал, гроза, зливовий дощ
29.07.2017 00:33	Новопсков (Луганська обл.)	17	шквал, гроза
06.08.2017 13:28	Бехтери (Херсонська обл.)	18	шквал, гроза, злива, град 7 мм
14.08.2017 00:11, 04:04	Порт Південний (Одеська обл.)	15/15	шквал, гроза
16.08.2017 17:54	Олевськ (Житомирська обл.)	19	шквал, гроза



## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
22.08.2017 11:12	Дніпро	22	шквал, гроза, злива, град
13.09.2017 18:54	Сватово (Луганська обл.)	16	шквал, гроза, злива, град
17.09.2017 16:02	Пожежевська (Ів.Франківська обл.)	19	шквал, гроза
21.09.2017 18:40	Олевськ (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза
13.10.2017 11:21	Куп'янськ (Харківська обл.)	16	шквал, гроза
15.10.2017 17:49	Біловодськ (Луганська обл.)	17	шквал
29.10.2017 11:30	Броди (Львівська обл.)	16	шквал
Всього з 2017 р.		51	
21.04.2018 19:45	Дружба (Сумська обл.)	15	шквал
25.04.2018 21:32	Олевськ (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза
25.04.2018 20:26	Рава-Руська (Львівська обл.)	15	шквал, гроза
07.05.2018 13:03	Черкаси	16	шквал, гроза
07.05.2018 13:30	Сміла (Черкаська обл.)	18	шквал, гроза
07.05.2018 15:20	Сарата (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
13.05.2018 13:17	Ніжин (Чернігівська обл.)	15	шквал, гроза
13.05.2018 14:00	Яворів (Львівська обл.)	15	шквал, гроза
16.05.2018 18:25	Олевськ (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза
16.05.2018 12:50	Тернопіль	22	шквал, гроза, злива, град
18.05.2018 13:42	Великий Бурлук (Харківська обл.)	16	шквал, гроза, зливовий дощ
05.06.2018 10:36	Канів (Черкаська обл.)	15	шквал, гроза
05.06.2018 12:25	Синельніково (Дніпропетр.обл)	19	шквал, гроза
06.06.2018 08:36	Дніпро	17	шквал, гроза, зливовий дощ
06.06.2018 10:24	Нова Каховка (Херсонська обл.)	18	шквал, злива, гроза
12.06.2018 12:44	Яворів (Львівська обл.)	18	шквал, гроза
14.06.2018 19:22	Сміла (Черкаська обл.)	18	шквал, гроза

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
15.06.2018 15:05	Семенівка (Чернігівська обл.)	19	шквал, гроза, зливовий дощ 57/2, град
16.06.2018 16:02	Дніпро	20	шквал, гроза
27.06.2018 15:49	Світловодськ (Кіровоградська обл.)	20	шквал, гроза
28.06.2018 16:45	Комісарівка (Дніпропетр. обл.)	18	шквал, злива 50/3, 30/1, гроза
28.06.2018 19:31	Чортків (Тернопільська обл.)	18	шквал, гроза
28.06.2018 21:53	Одеса	18	шквал, злива, гроза
29.06.2018 16:24	Нікополь (Дніпропетр. обл.)	24	шквал, гроза, зливовий дощ
29.06.2018 23:36	А/П Жуляни	15	шквал, гроза
30.06.2018 11:20	Усть-Дунайськ (Одеська обл.)	20	шквал, гроза
30.06.2018 13:42	Н. Сірогози (Херсонська обл.)	21	шквал, злива, гроза
10.07.2018 21:05	Сміла (Черкаська обл.)	16	шквал, гроза
11.07.2018 10:40	Маріуполь (Донецька обл.)	16	шквал, гроза
13.07.2018 11:20	Вилково (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
17.07.2018 10:40	Кирилівка (Запорізька обл.)	18	шквал, гроза, злива, град
21.07.2018 17:06	Вишгород (Київська обл.)	17	шквал, гроза
25.07.2018 14:19	А/П Бориспіль	18	шквал, гроза
25.07.2018 14:42	Світловодськ (Кіровоградська обл.)	17	шквал, гроза
25.07.2018 15:04	Куп'янськ (Харківська обл.)	15	шквал, гроза, злива, град
25.07.2018 14:47	Сватово (Луганська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
25.07.2018 14:14	Новопсков (Луганська обл.)	15	шквал, гроза
25.07.2018 11:23	Синельніково (Дніпропетр. обл.)	17	шквал, гроза
25.07.2018 12:35	Дніпро	18	шквал, гроза
25.07.2018 14:30	Полтава	19	шквал, гроза
26.07.2018 11:50	Яворів (Львівська обл.)	15	шквал, гроза
27.07.2018 13:20	Дніпро	14	шквал, гроза, зливовий дощ

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
27.07.2018 15:52	Полтава	17	шквал, гроза
28.07.2018 15:01	Первомайськ (Миколаївська обл.)	20	шквал, гроза, злива, град 12 мм
28.07.2018 15:45	Гайворон (Кіровоградська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
31.07.2018 13:26	Рава-Руська (Львівська обл.)	18	шквал, гроза
04.09.2018 15:30	Яворів (Львівська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
06.09.2018 05:00	В.Олександрівка (Херсонська обл.)	15	шквал, гроза, злива, град 6 мм
09.09.2018 08:05	Кобеляки (Полтавська обл.)	13	шквал, зливовий дощ
14.09.2018 15:39	Броди (Львівська обл.)	14	шквал, гроза
24.09.2018 15:40	Світловодськ (Кіровоградська обл.)	15	шквал, зливовий дощ
24.09.2018 13:52	Одеса АМСЦ	22	шквал, злива, гроза
24.09.2018 14:38	Сербка (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
03.10.2018 15:30	Стрий (Львівська обл.)	19	шквал
24.10.2018 12:23	Сербка (Одеська обл.)	21	шквал
Всього з 2018 р.		55	
24.05.2019 10:12	Харків	12	шквал, гроза, зливовий дощ, град 4 мм
24.05.2019 19:40	Вишгород (Київська обл.)	14	шквал, гроза
03.06.2019 18:12	Черкаси	16	шквал, гроза
04.06.2019 12:46	Житомир	20	шквал, гроза, зливовий дощ, град 5 мм
04.06.2019 12:56	А/П Бориспіль	15	шквал, гроза
04.06.2019 14:43	Дніпро	16	шквал, гроза
04.06.2019 18:40	Вознесенськ (Миколаївська обл.)	19	шквал, гроза
07.06.2019 13:14	Олевськ (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
07.06.2019 13:23	Коростень (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза
07.06.2019 14:49	Дніпро	24	шквал, гроза, зливовий дощ, град 6 мм
09.06.2019 13:43	Бехтери (Херсонська обл.)	18	шквал, гроза, зливовий дощ

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
13.06.2019 13:10	Сміла (Черкаська обл.)	15	шквал, гроза
16.06.2019 14:26	Любешів (Волинська обл.)	16	шквал, гроза, зливовий дощ, град 23 мм
20.06.2019 11:51	Олевськ (Житомирська обл.)	15	шквал, гроза
27.06.2019 09:10	А/П Жуляни	25	шквал, гроза, злива
27.06.2019 09:40	А/П Бориспіль	19	шквал, гроза
27.06.2019 09:53	Б. Церква (Київська обл.)	25	шквал, гроза, злива
27.06.2019 14:45	Первомайськ (Миколаївська обл.)	19	шквал
27.06.2019 15:08	Остер (Чернігівська обл.)	17	шквал, гроза
27.06.2019 17:10	Сербка (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
27.06.2019 17:21	Болград (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
27.06.2019 17:56	Ізмаїл (Одеська обл.)	20	шквал, гроза
27.06.2019 19:44	Одеса АМСЦ	20	шквал, гроза, зливовий дощ
28.06.2019 12:25	Лебедин (Сумська обл.)	15	шквал, гроза
28.06.2019 12:50	Світловодськ (Кіровоградська обл.)	17	шквал, гроза
01.07.2019 06:15	Семенівка (Чернігівська обл.)	28	шквал, гроза
01.07.2019 18:10	Щорс (Чернігівська обл.)	19	шквал, гроза, зливовий дощ
02.07.2019 16:56	Кривий Ріг (Дніпропетр. обл.)	26	шквал, гроза
02.07.2019 14:35	Первомайськ (Миколаївська обл.)	23	шквал, гроза
02.07.2019 13:16	Гайсин (Кіровоградська обл.)	15	шквал, гроза
02.07.2019 13:35	Гайворон (Кіровоградська обл.)	15	шквал, гроза
02.07.2019 16:17	Сватово (Луганська обл.)	19	шквал, гроза
02.07.2019 14:26	Любашівка (Одеська обл.)	26	шквал, гроза
02.07.2019 17:24	Запоріжжя	18	шквал, гроза
02.07.2019 18:49	Дніпро	21	шквал, гроза, зливовий дощ
03.07.2019 11:19	Порт Південний (Одеська обл.)	18	шквал, гроза

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
03.07.2019 11:35	Болград (Одеська обл.)	18	шквал, гроза, зливовий дощ
03.07.2019 12:32	Ізмаїл (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
03.07.2019 13:14	Вилково (Одеська обл.)	22	шквал, гроза
03.07.2019 13:38	Черноморськ (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
03.07.2019 13:41	Одеса АМСЦ	23	шквал, гроза, зливовий дощ
03.07.2019 13:52	Паромна Переправа (Одеська обл.)	20	шквал
03.07.2019 13:54	Б.Дністровський (Одеська обл.)	21	шквал, гроза
05.07.2019 13:30	Вознесенськ (Миколаївська обл.)	16	шквал, гроза, зливовий дощ
05.07.2019 15:56	Ужгород	17	шквал, гроза
07.07.2019 14:21	Ніжин (Чернігівська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
07.07.2019 15:43	Славське (Львівська обл.)	18	шквал, гроза
10.07.2019 15:25	Гайворон (Кіровоградська обл.)	16	шквал, гроза
14.07.2019 11:17	Любашівка (Одеська обл.)	15	шквал, гроза, дощ
21.07.2019 13:30	А/П Бориспіль	16	шквал, гроза
21.07.2019 16:15	Яворів (Львівська обл.)	19	шквал, гроза, зливовий дощ
22.07.2019 11:25	Черкаси	16	шквал, гроза
22.07.2019 15:17	Ізмаїл (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
29.07.2019 15:16	Кропивницький	20	шквал, гроза, зливовий дощ
30.07.2019 14:32	Ізмаїл (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
30.07.2019 15:20	Лошкарівка (Дніпропетр. обл.)	17	шквал, гроза, зливовий дощ, град 5 мм
30.07.2019 15:26	Сербка (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
30.07.2019 16:30	Новопсков (Луганська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
30.07.2019 17:28	Рава-Руська (Львівська обл.)	19	шквал, гроза
02.08.2019 12:05	Гайворон (Кіровоградська обл.)	16	шквал, гроза
05.08.2019 12:49	А/П Бориспіль	17	шквал, гроза

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4
07.08.2019 14:34	Ковель (Волинська обл.)	25	шквал, гроза, зливовий дощ
07.08.2019 16:06	Любешів (Волинська обл.)	16	шквал, гроза, дощ
08.08.2019 11:59	Київ	21	шквал, гроза, зливовий дощ
08.08.2019 11:56	А/П Київ Антонов	20	шквал, гроза, зливовий дощ
08.08.2019 11:52	А/П Бориспіль	20	шквал, гроза, зливовий дощ
08.08.2019 12:39	А/П Жуляни	19	шквал, гроза
08.08.2019 12:51	Баришівка (Київська обл.)	18	шквал, гроза, зливовий дощ
09.08.2019 13:59	А/П Київ Антонов	21	шквал, гроза, зливовий дощ
09.08.2019 10:22	Роздільна (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
09.08.2019 10:48	Б.Дністровський (Одеська обл.)	16	шквал
09.08.2019 11:15	Одеса	16	шквал, гроза
09.08.2019 11:23	Чорноморськ (Одеська обл.)	16	шквал
09.08.2019 14:49	А/П Жуляни	20	шквал, гроза
09.08.2019 12:09	Сербка (Одеська обл.)	22	шквал, гроза
09.08.2019 14:53	А/П Бориспіль	16	шквал, гроза
09.08.2019 14:59	Бориспіль (Київська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
30.09.2019 18:05	А/П Жуляни	16	шквал
30.09.2019 18:41	А/П Бориспіль	16	шквал
30.09.2019 15:05	Рава-Руська (Львівська обл.)	26	шквал
Всього з 2019 р.	80		