

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему: Особливості шквалоутворення на півдні України

Виконав студент 3 року навчання
групи МСГ-23а
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Кубрак Олексій Олександрович

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

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

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ Гідрометеорологічний інститут _____
Кафедра _____ Метеорології та кліматології _____
Рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
Спеціальність _____ 103 «Науки про Землю» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Хохлов В.М.
“ 26 ” _____ квітня _____ 2019 року

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

_____ Кубраку Олексію Олександровичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Особливості шквалоутворення на півдні України _____

керівник роботи _____ Нажмудінова Олена Миколаївна к.геогр.н., доц.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “07” грудня 2018 року №343-С

2. Строк подання студентом роботи _____ 17 травня 2019 р. _____

3. Вихідні дані до роботи бюлетені погоди; оперативна синоптична інформація; карти, таблиці і зведення про небезпечні явища погоди; карти МРЛ; супутникові знімки МІНСЗ; ресурси Internet системи. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Огляд і систематизація наукової літератури за напрямком дослідження. 2) Формування архіву вихідних даних процесів шквалоутворення за теплі півріччя 2013-2018 рр. на території Одеської, Херсонської і Миколаївської областей. 3) Дослідження статистичних характеристик шквалів. 4) Аналіз розподілу атмосферного тиску, температури і відносної вологості повітря при сильних шквалах. 5) Визначення особливостей синоптичних умов формування сильних шквалів. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- таблиці статистичних характеристик шквалів; _____

- гістограми, діаграми повторюваності шквалів. _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 квітня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд наукової літератури за темою дослідження.			
	Складання теоретичної частини роботи.	30.05.2019	80	добре
2	Вибір вихідних даних з архіву оперативної синоптичної інформації. Пошук додаткової інформації в мережі Internet.	03.05.2019	80	добре
3	Формування додатку вихідних даних. Складання таблиць повторюваності шквалів; побудова графіків, гістограм, діаграм.	08.05.2019	70	задовільно
	Рубіжна атестація	13.05.2019	77	добре
4	Аналіз статистичних характеристик шквалоутворення. Дослідження розподілу метеорологічних величин та особливостей циркуляційних умов при сильних та надзвичайному шквалах.	15.05.2019	70	задовільно
5	Складання висновків. Кінцеве редагування тексту. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи.	17.05.2019	75	добре
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75	добре

Студент _____ Кубрак О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Нажмудінова О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальна характеристика регіону дослідження.....	6
2 Шквали.....	10
2.1 Основні визначення і класифікації	10
2.2 Використання даних МШСЗ та МРЛ для прогнозу шквалів.....	14
3 Дослідження процесів шквалоутворення на півдні України у тепле півріччя 2013-2018 рр.....	17
3.1 Статистичні характеристики.....	17
3.2 Зміни метеорологічних полів при сильних шквалах.....	23
3.3 Аналіз синоптичних процесів виникнення сильних шквалів.....	35
Висновки.....	45
Перелік посилань.....	46
Додаток А. Вихідні дані.....	47

ВСТУП

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню характеристик шквалоутворення на півдні України.

Шквал - раптове різке посилення вітру. За визначенням ВМО (1962) - це збільшення швидкості вітру більше ніж на $8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ протягом декількох (від 3 до 20) секунд зі збереженням мінімальної швидкості вітру $11 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ протягом однієї хвилини.

Вивчення і короткостроковий прогноз локальних явищ погоди конвективного походження, таких як шквал, одна з найбільш важливих задач метеорології. Актуальність обраної тематики мотивується тим, що при досягненні встановлених критеріїв, шквал є небезпечним ($\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) і стихійним ($\geq 25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) метеорологічним явищем.

Шквали пов'язані з зонами активної конвекції (ЗАК), і формуються внаслідок складної взаємодії атмосферних процесів макро-, мезо- і мікомасштабів. Шквал нерідко супроводжується зливовим дощем і грозою, у ряді випадків - градом, а при сухій погоді - пиловими бурями. В результаті, шквали становлять небезпеку для транспорту, енергетики і зв'язку, комунального господарства, будівництва. Особливо значний вплив здійснюють шквали на авіацію під час злету або посадки повітряних суден внаслідок формування сильних зсувів вітру.

Складний механізм і раптовість виникнення, часто «вибуховий» характер процесів, короткотривалість і локальність у просторі, труднощі в обліку процесів різного масштабу, неточність виміру і непрямого визначення швидкості вітру при шквалі, а також недостатньо високе просторове покриття мережі метеорологічних і аерологічних спостережень визначають труднощі дослідження шквалів. В результаті, будь-яке нове дослідження шквалів є важливою практичною задачею і спрямоване на створення повного банку статистичних даних, які необхідні для уточнення і покращення справджуваності прогнозу шквалів.

Метою дослідження є визначення особливостей формування шквалів за тепле півріччя 2013-2018 рр. в Одеській, Херсонській і Миколаївській областях.

Матеріали і методи дослідження: в роботі використані стандартні дані спостережень за явищами погоди – щоденники погоди, оперативна синоптична інформація; карти і таблиці розподілу небезпечних і стихійних

метеорологічних явищ погоди. Дослідження виконане із застосуванням методів кліматичного і синоптичного аналізу та просторово-часового узагальнення даних.

Робота складається з трьох розділів. Перший розділ формулює загальну фізико-географічну і кліматичну довідку регіону дослідження. Розділ 2 містить теоретичні відомості про шквали, умови їх формування, показники шквалоутворення, особливості хмарних систем ліній шквалів тощо.

Практична частина представлена у третьому розділі. Визначені статистичні характеристики повторюваності шквалів над півднем України; особливості річного, місячного, добового ходу. Детально проаналізовано хід метеорологічних величин при сильних шквалах на станціях. Проведений аналіз циркуляційних умов формування сильних і надзвичайних шквалів.

Обрана для дослідження тема знаходиться в рамках бюджетної кафедральної тематики «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» - № 0115U006532.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі розглядаються статистичні і синоптичні показники формування шквалів на півдні України, а саме, на території 3-х областей – Одеської, Херсонської і Миколаївської – рис.1.1.

Наведемо короткий фізико-географічний і кліматичний опис району дослідження.

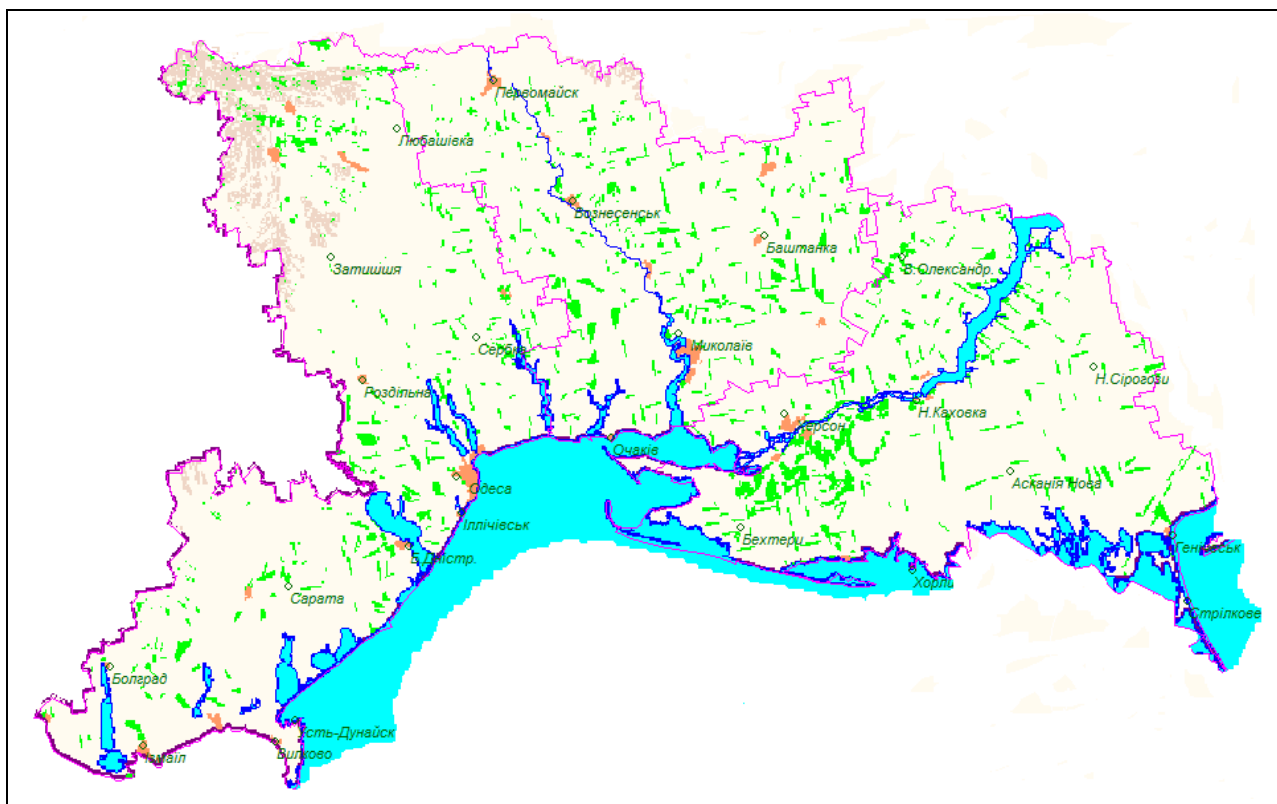


Рис.1.1. Карта Одеської, Херсонської і Миколаївської області

Одеська область займає територію північно-західного Причорномор'я від гирла річки Дунай до Тилігульського лиману (морське узбережжя в межах області простягається на 300 км), а від моря на північ - на 200-250 км. Територія Одещини дуже витягнена, з півночі на південь вона простяглася від 45° до 48° північної широти. Тому окремі її частини помітно відрізняються своїми природними умовами [4, 13].

Більша частина області лежить на Причорноморській низовині, на північ і північний захід Одещини заходять відроги Подільської височини. Поверхня здебільшого рівнинна, з нахилом з північного заходу на південний схід, до узбережжя Чорного моря. Рівнину перетинають глибокі долини

річок, яри та балки, особливо в межах відрогів Подільської височини, де різниця між рівнем вододілів і долин становить пересічно 100 м. Чим далі на південь, тим менш хвилястий рельєф.

Північна частина області розташована у лісостеповій зоні України, середня і південна — у степовій. На території області налічують близько 200 річок довжиною понад 10 км. Головні річки: Дунай (з Кілійським гирлом), Дністер (з притокою Кучурган), Кодима і Савранка (притока Південного Бугу).

Клімат вологий, помірно континентальний. У цілому клімат сполучить риси континентального і морського. Зима м'яка, малосніжна і нестійка. Літо переважно спекотне, сухе. Взимку переважають північні і південно-західні вітри, влітку - північно-західні і північні. Південна половина області піддається впливу посухам, пиловим бурям, суховіям.

Середня швидкість вітру по області становить взимку $4-6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; влітку — $2-4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Середня місячна швидкість вітру складає $4-5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Посилення вітру $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ характерне в холодний період року [4, 13].

На території області діє 11 метеостанцій: Любашівка, Затишшя, Сербка, Роздільна, Одеса, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Ізмаїл, Чорноморськ (Іллічівськ).

Херсонська область розташована в Причорноморській низовині, в Таврійській посушливій степовій зоні півдні України. Її територія межує на заході з Запорізькою, на північному заході з Миколаївською, на півночі з Дніпропетровською областями, на південному сході з Автономною Республікою Крим; омивається Чорним і Азовськими морями.

Долиною Дніпра область поділяється на лівобережну та правобережну частини. Загальна довжина меж області — 800 км, у т.ч. понад 450 км морської берегової лінії. Водними об'єктами зайнято 15,1% території області, що у 3 рази перевищує відповідний середньоукраїнський показник (4,8%).

Херсонська область характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою малосніжною зимою та спекотним посушливим літом.

Загальною кліматичною особливістю степових регіонів є велика кількість тепла і світла і недостача вологи. Основні риси такого клімату формуються під впливом загальних та місцевих кліматоутворюючих факторів, головними з яких є величина сонячної радіації, атмосферна циркуляція та характер підстильної поверхні [2].

Серед факторів, що характеризують підстильну поверхню, головними є незначна висота території області над рівнем океану, відсутність гір,

розташування в безпосередній близькості до морів, формування в зв'язку з цим місцевих вітрів - бризів.

Вітровий режим обумовлюється атмосферною циркуляцією і характером підстильної поверхні. Навесні з послабленням циклонічної діяльності більший вплив мають місцеві умови - переважають вітри східного напрямку. Влітку збільшується вплив азорського антициклону, на формування вітрового режиму впливають баричні утворення і фронти, що переміщаються з заходу, в результаті переважають західні, південно-західні і північно-західні вітри. Восени через ослаблення західного і посилення східного антициклону панують південно-східні вітри.

Середня швидкість вітру на Херсонщині складає $3-4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Херсонська область серед інших областей найбільше потерпає від суховіїв - середня повторюваність >15 днів (частіше зі східними вітрами). Провесною в бездошові періоди можуть виникати пилові бурі (до 9-12 днів у рік). Для Херсонщини характерні бризи, причому денні (морські) бризи сильніші. Після полудня їх вертикальна потужність сягає 1 км. Бризи проникають на сушу до 30-40 км і дещо знижують температуру і підвищують вологість повітря. Менш потужними є нічні (берегові) бризи [2, 12].

На території області діє 9 метеостанцій: Велика Олександрівка, Нижні Сірогози, Нова Каховка, Херсон, Асканія-Нова, Бехтери, Генічеськ, Хорли, Стрілкове.

Миколаївська область розташована на півдні країни в межах Причорноморської низовини в басейні нижньої течії річки Південний Буг. На заході межує з Одеською, на півночі з Кіровоградською, на сході та північному сході з Дніпропетровською та на південному сході з Херсонською областями. На півдні омивається водами Чорного моря, площа - 24,6 тис. км².

За особливістю природних умов Миколаївська область знаходиться в межах двох фізико-географічних зон – лісостепової (Кривоозерський і західна половина Первомайського району) і степової (решта території) в басейні нижньої течії ріки Південний Буг. Глибоко в суходіл вдаються Дніпровсько-Бузький, Березанський та Тилігульський лимани.

Головною рікою, що перетинає територію області з північного заходу на південний схід є Південний Буг (257 км) з притоками Інгул (179 км), Кодима (59 км) та інші. На сході області протікає приток Дніпра - Інгулець.

До території області належать острів Березань і Кінбурнська коса. Поверхня області являє собою рівнину, нахилена в південному напрямі, більша частина області лежить у межах Причорноморської низовини. На

півночі простягаються Подільська височина (правобережжя Південного Бугу) та Придніпровська височина (лівобережжя Південного Бугу).

За особливістю природних умов територія області належить до степової зони. Клімат помірно-континентальний з м'якою малосніжною зимою і спекотним, вітряним, посушливим літом. Північна частина Миколаївської області належить до посушливої, дуже теплої, південна – до дуже посушливої, помірно жаркої з м'якою зимою.

З несприятливих кліматичних явищ на території області спостерігаються суховії (у теплий період року 15–20 днів), пилові бурі (від 5 на заході до 9 днів на сході), посухи (вересень-жовтень), град (4 дні) [6, 14].

На території області діє 6 метеостанцій: Первомайськ, Вознесенськ, Баштанка, Миколаїв, Березанка, Очаків.

2 ШКВАЛИ

2.1 Основні визначення і класифікації

Шквал - це різке короткочасне посилення вітру, що супроводжується змінами його напрямку і являє собою вихор з горизонтальною віссю. Швидкість вітру при шквалі значно більша, ніж градієнтна і може досягати $20 \dots 40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ [3, 5, 8-10].

Відповідно до критеріїв швидкості вітру при шквалі виділяють:

- 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 $\geq 35 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

При розвитку інтенсивних шквалів виявляється своєрідна структура хмарності – необхідним є існування, так званої, «материнської хмари» – це потужна Сб хмара, яка у системі хмарного валу має тенденцію обертатися проти годинникової стрілки. У передній частині Сб хмарності спостерігаються сильні висхідні рухи повітря, а у тилівій - сильні низхідні рухи, які обумовлені охолодженням повітря, опадами, особливо при випадінні граду. У зоні протилежних рухів повітря виникає «шкваловий коловорот (комір)», що являє собою вихор з горизонтальною віссю. Цей вихор з'являється звичайно попереду Сб, за 1-2 км до суцільної зони дощу, на висоті 500-600 м або нижче; він виглядає, як Сb arcus. У результаті при проходженні Сб виникає шквал.

Шквал виникає у досить широкому діапазоні температури повітря. Під час шквалів різної інтенсивності відмічається майже повна тотожність розподілу температури. Здебільшого, максимум повторюваності температури повітря припадає на $20-25^{\circ}\text{C}$, для центральних областей України $25-30^{\circ}\text{C}$. Для виникнення шквалів істотним фактором є попередній прогрів ґрунту. У дні зі шквалами максимальна температура поверхні ґрунту з забезпеченістю 50% перевищує 36°C .

Шквали звичайно супроводжуються похолоданням. У червні і липні під час проходження шквалу температура повітря часто знижується на 10°C .

Проходження шквалу характеризується стрибкоподібними змінами тиску - на барограмі виділяється падіння тиску перед шквалом, швидкий ріст під час шквалу і падіння тиску після шквалу.

Над сушею шквали спостерігаються з квітня по серпень у південних районах, але іноді вони відмічаються у березні та вересні. Над теплими морями і океанськими течіями шквали спостерігаються і взимку, вони розвиваються у нестійко стратифікованих холодних повітряних масах, а також при проходженні холодних фронтів [5].

Враховуючи локальність явища, дані про шквали доцільно розглядати осередненими для певних територій, у просторовому розподілі шквалів відмічається значна нерівномірність.

Повторюваність шквалу має чітко виражений річний хід. Сильні шквали у західних і східних областях майже однаково часто спостерігаються у липні і червні, у північному регіоні максимум припадає на червень, а в південних і центральних - на липень. Лише епізодичні, у середньому не частіше 3 разів, шквали спостерігаються в квітні. Внутрішньорічний розподіл повторюваності літніх шквалів ілюструє переважаючу роль конвекції в їхньому виникненні.

Шквал найчастіше виникає у другій половині дня, коли конвективна хмарність досягає найбільшого розвитку і термодинамічна енергія нестабільності максимальна. У добовому ході у теплий період максимум повторюваності припадає на 15-18 год., майже з однаковою повторюваністю шквал буває о 12-15 та 18-21 год. Для південних областей характерна дещо підвищена частота шквалу о 0-6 год.

Шквал є переважно локальним явищем, тому окремими метеорологічними станціями він фіксується досить рідко. Великий відсоток шквалів залишається неврахованим через недостатню густоту мережі станцій і малу тривалість явища. Особливо це стосується сильних та слабких шквалів. Зона шквалу зазвичай займає незначну площу і найчастіше (близько 70%) відмічається одним пунктом, лише у 1% шквал фіксується 5-ма і більше пунктами. Таким чином, середньокліматичні показники числа випадків літніх шквалів - близько 40 у рік - є заниженими.

Шквал - короткочасне явище. Тривалість шквалу за спостереженнями в одному пункті звичайно не перевищує кілька хвилин, хоча може складати і десятки хвилин. Переміщуючись вузькою смугою від декількох сотень метрів до декількох кілометрів (в окремих випадках до 50-70 км), шквал може

існувати кілька годин. Близько половини усіх шквалів мають тривалість не більше 0,1 год. у 4% - понад 0,5 год. [5].

Шквал зазвичай фіксується одночасно з різними явищами конвективного походження. Під час шквалу найчастіше спостерігається зливовий дощ з грозою і градом (для сильних шквалів), слабкі шквали характеризуються підвищеною повторюваністю зливових дощів. У кожному другому випадку шквали супроводжуються грозою, і в кожному восьмому - випаданням граду, у 6% випадків - пиловими бурями.

Швидкість вітру при шквалах коливається от 12 до 20 м·с⁻¹, при поривах швидкість вітру звичайно перевищує 16 м·с⁻¹, іноді до 35 м·с⁻¹. Шквали швидкістю >20 м·с⁻¹ мають південний, південно-західний, західний і північно-західний напрямки; східні шквали бувають рідко. Літні шквали пов'язані з хмарними системами, що переміщуються переважно з південного заходу і заходу.

За природою виникнення шквали підрозділяються на:

- 1) шквали, що зв'язані з термічною конвекцією;
- 2) шквали, що обумовлені термодинамічною конвекцією.

Внаслідок локальності шквалу чітких закономірностей у його просторовому розподілі не виявлено. Шквали спостерігаються на всій території України. Найбільш шквалонебезпечним є південь, зокрема Одеська область (понад 6 шквалів у середньому за рік).

Виділяють райони з однаковою повторюваністю шквалів:

- 1 район: північні і центральні області (Чернігівська, Київська, Житомирська, Черкаська, Кіровоградська, Дніпропетровська); Донецький кряж, південний захід (Одеська область), Крим (частота 1 раз у 3 роки);
- 2 район: Волинська, Львівська, Вінницька, Полтавська, Харківська, Херсонська області (частота 1 раз у 5 років);
- 3 район: захід (Ровенська, Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька області), схід (Луганська область), північний схід (Сумська область), а також південні області (Миколаївська, Запорізька) - 1 раз у 10 років.

Розрізняють внутрішньомасові і фронтальні шквали [5, 9-10].

Фронтальні шквали найчастіше пов'язані з холодними фронтами, включаючи холодні фронти оклюзії. Якщо відносно тепла повітряна маса є вологою і нестійкою, то на відстані 50 - 100 км перед лінією холодного фронту може утворитися лінія нестійкості довжиною 100-500 км, уздовж якої

спостерігаються грози і шквали, але частіше шквали зв'язані безпосередньо з проходженням лінії холодного фронту.

Виділяють типові ситуації при формуванні фронтальних шквалів:

1. Порушення широтного переносу в зв'язку з переміщенням висотної улоговини, орієнтованої зі Скандинавії на Чорне море і Балкани. Фронт розташовується уздовж напрямку ведучого потоку, по ньому з великою швидкістю переміщаються хвильові збурення зі шквалами.
2. Холодні фронти з великими швидкостями переміщення (II роду), майже перпендикулярні потоку з великими контрастами температури.
3. Чітко виражена меридіональність у середній тропосфері над сходом Європи при наявності депресії над півднем. Ця ситуація визначає вихід південних циклонів на Україну і Молдову та швидке їхнє оклюдування. Приземна депресія охоплює Чорне море і Балкани. небезпечні шквали виникають біля точки оклюзії і на хвильових збуреннях, що формуються на холодному фронті.

Внутрішньомасові шквали типові для теплої нестійкої вологої маси при розвитку грози (іноді навіть уночі). У холодній нестійкій повітряній масі в тилівій частині циклону гроза й інтенсивні шквали спостерігаються рідко. Частіше це посилення вітру при розвитку купчасто-дощових хмар і випадінні зливових опадів. Внутрішньомасові шквали пов'язані з Сб хмарами, які виникають при суто термічній конвекції або при термодинамічній конвекції. Шквал переміщується разом з Сб, тому у межах певної смуги формується, так званий, «слід» шквалу.

До синоптичних умов, що сприяють розвитку шквалів відносять:

1. Внутрішньомасові шквали виникають у другій половині дня в малоградієнтних областях низького або високого тиску.
2. Області невеликих баричних улоговин та теплі сектори циклонів.
3. Південні, південно-західні та західні периферії розлогих, малорухомих антициклонів при значній нестійкості теплої повітряної маси та денних температурах, які досягають 28-30 °C, при точці роси 10-15 °C та масовій частці водяної пари $\geq 10\%$.

При деяких процесах виникають інтенсивні низхідні повітряні потоки, що утворюють біля поверхні землі вітер руйнівної сили. У залежності від розміру такі потоки класифікують як шквали або мікрошквали. Шквал діаметром більше 4 км може створювати вітер до $60 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Мікрошквали мають менші розміри, але обумовлюють вітер швидкістю до $75 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Якщо гроза, що породжує шквал, формується в досить теплому і вологому повітрі,

то мікрошквал буде супроводжуватися інтенсивним зливовим дощем. Коли гроза формується із сухого повітря, опади під час випадання можуть випаруватися і мікрошквал буде сухим [3, 5, 8-10].

2.2 Використання даних МШСЗ та МРЛ для прогнозу шквалів

Знімки хмарності, отримані з метеорологічних супутників, можуть бути використані для спостереження за початком формування лінії шквалів, її розвитком і швидкістю переміщення.

Лінія шквалів (або лінія нестійкості ЛН) відноситься до хмарних об'єктів мезомасштабу лінійного типу і уявляє собою зону скупчення купчасто-дощових та потужних купчастих хмар. Горизонтальна протяжність лінії шквалів може сягати тисячі кілометрів, а ширина - 50-100 км [7].

На супутникових знімках лінії шквалів мають вигляд скупчень крупних конвективних елементів довжиною до 100 км і шириною близько 30 км., що вишукуються вздовж однієї лінії паралельно хмарній смузі холодного фронту. Відстань між лінією шквалів та хмарністю холодного фронту в середньому складає 200-300 км і зберігається майже постійною протягом всього періоду існування лінії шквалів, тобто швидкості переміщення цих хмарних систем співпадають. Період життя лінії шквалів складає звичайно більше доби, але окремі її елементи існують близько 5-6 годин.

Утворення лінії шквалів відбувається в умовах високого рівня вологовмісту атмосфери та значного температурного контрасту в передній частині фронтальної зони. В приземному шарі атмосфери спостерігається мезомасштабна зона конвергенції потоків. Сприятливі умови призводять до формування характерної системи глибокої конвекції з висхідним рухом повітря, де утворюється конвективна хмарність, та інтенсивним низхідним рухом, що утворює характерну зону прояснення між лінією шквалів та хмарністю холодного фронту. Життєвий цикл лінії шквалів залежить від періоду зберігання сприятливих умов надходження теплого та вологого повітря в її передню частину, тобто від термодинамічного стану повітря, в напрямку якого вона переміщується. Якщо лінія шквалів рухається в бік більш сухого повітря, можна прогнозувати її швидке руйнування. Але в цілому, лінія шквалів, що переміщується з фронтальною системою циклону,

може відновлюватися при зміні термодинамічного фону на сприятливий для глибокої конвекції над іншим районом.

Оскільки лінії шквалів є продуктом глибокої конвекції, на супутникових знімках активні хмарні системи виглядають яскраво білими на ТВ, ІЧ та ВП - знімках. Але при меншій активності лінія шквалів виглядає білою лише на ТВ - знімку, сірий тон має на ІЧ-знімку та майже не розпізнається на ВП - знімку. Іноді хмарність лінії шквалів може знаходитися навіть в темній (сухій) зоні на ВП - знімку. Тобто, порівняльний аналіз вигляду хмарної системи лінії шквалів на знімках, зроблений в різних ділянках спектру, допомагає визначити активність лінії шквалів і інтенсивність конвективних процесів в ній.

Скупчення купчасто-дощових хмар мають загальне покриття перистими хмарами з ковадел, викиди з яких в помірних широтах розташовані попереду хмарності лінії шквалів, це пов'язане з тим, що елементи лінії шквалів рухаються з середньою швидкістю вітру в шарі хмарності. В тропічних широтах, навпаки, спостерігається відставання перистої хмарності з ковадел купчасто-дощових хмар.

Ознакою зародження лінії шквалів в помірних широтах за даними супутникових знімків є поява вузького та довгого ланцюжка конвективних хмар, який відокремлений від системи холодного фронту безхмарною зоною шириною близько 100 км [7].

Для розвитку ЛН сприятливі наступні умови:

- адвекція холоду, що збільшується з висотою, на середніх і верхніх рівнях тропосфери; на нижніх рівнях переважна слабка адвекція будь-якого знаку або її відсутність;
- упорядковані висхідні рухи;
- ріст температури повітря біля поверхні землі внаслідок інсоляції;
- конвергенція вітру в граничному шарі і/або орографічний підйом повітря.

Наявність усіх вказаних умов не дає повної гарантії виникнення ЛН, а недотримання хоча б одного із них зменшує імовірність їх утворення, але не виключає їх появу, яка обумовлена також наявністю так званого механізму автоконвекції.

Радіолокаційна інформація дозволяє виявити зони потужної конвективної хмарності на відстані до 300 км від пункту, де встановлено радіолокатор (МРЛ). Спостереження за послідовні строки дають можливість встановити напрямок і швидкість переміщення Сб та їх еволюцію. Таким

чином можна уточнити складений раніше прогноз конвективних явищ на найближчі 3 год., а іноді на більший термін [3].

Переважні напрямки руху шквалових осередків за даними МРЛ - з заходу на схід, з південного заходу на північний схід, середня швидкість переміщення у 70% випадків складає $30 - 40 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$, однак у 20% випадків вона буває $50 - 60 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ і навіть $70 - 80 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ (2%); у 8% швидкість менше $30 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$.

Висота радіолуни на екрані МРЛ у двох третирах випадків знаходиться в межах $7,6 \pm 3 \text{ км}$, епізодично досягаючи 15-16 км. Інтенсивність відбиваності радіолуни при шквалах у 85% випадків не змінюється. Більшість шквалових осередків має овальну форму площею $20-60 \text{ тис. км}^2$, у двох третирах випадків ширина шквалово-градових осередків складає від 50 до 310 км (у середньому 160 км), довжина - від 70 до 360 км (середня 190 км). Осередки мають тенденцію витягування в напрямку повітряного потоку.

Результати досліджень [8] свідчать, що смерчі, шквали і дуже сильні опади виникають при реалізації величезних значень енергії нестійкості, що підтверджується великою потужністю і високим вологовмістом конвективних хмар. В той же час, при критичних значеннях висоти радіолуни і значеннях радіолокаційного відбиття: $H_v \geq 13 \text{ км}$ і $\lg z_m$ - цифри коду 6 і 8, можуть відзначатися як сильні опади, так і опади без формування шквалів і смерчів. Отже, тільки за радіолокаційними параметрами хмар неможна у всіх випадках стверджувати про вірогідність розвитку в них цих явищ. Активність хмарних систем, з якими пов'язані конвективні явища, визначається не тільки однією вертикальною протяжністю, але й сполученням її просторових параметрів, а саме потужності і горизонтальних розмірів [1, 8, 11].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ШКВАЛОУТВОРЕННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ У ТЕПЛЕ ПІВРІЧЧЯ 2013-2018 РР

Вихідними даними для дослідження виступили: бюлетені погоди, результати наземних метеорологічних спостережень, дані температурно-вітрового зондування - карти АТ-850, АТ-700, АТ-500, ВТ-500/1000; карти розподілу явищ погоди, карти і таблиці розподілу штормових явищ погоди, штормові зведення; супутникові знімки хмарності [15-16].

3.1 Статистичні характеристики

Загальні показники повторюваності шквалів на території 3-х південних областей – Одеської, Херсонської і Миколаївської представлено у Додатку А, табл.А.1.

За теплі півріччя досліджуваного періоду 2013-2018 рр. зареєстровано 89 випадків шквалів різної інтенсивності (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Повторюваність шквалів на півдні України за теплий період 2013-2018 рр. (число випадків)

Область	Річна кількість шквалів						Всього
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Миколаївська	2	1	1	1	0	1	6
Одеська	25	14	4	9	10	7	69
Херсонська	4	4	0	2	1	3	14
Всього	31	19	5	12	11	11	89

Загалом за повторюваністю шквалів зі значним відривом домінує Одеська область – 69 випадків за 6 років (77%). При чому, перевага у частоті шквалоутворення просліджується у всіх роках досліджуваного періоду. Зазначимо також, що на Одещині шквали спостерігалися на всіх метеостанціях і ряді постів – рис.3.1. За частотою формування шквалів виділяється метеостанція Сербка – 12 шквалів.

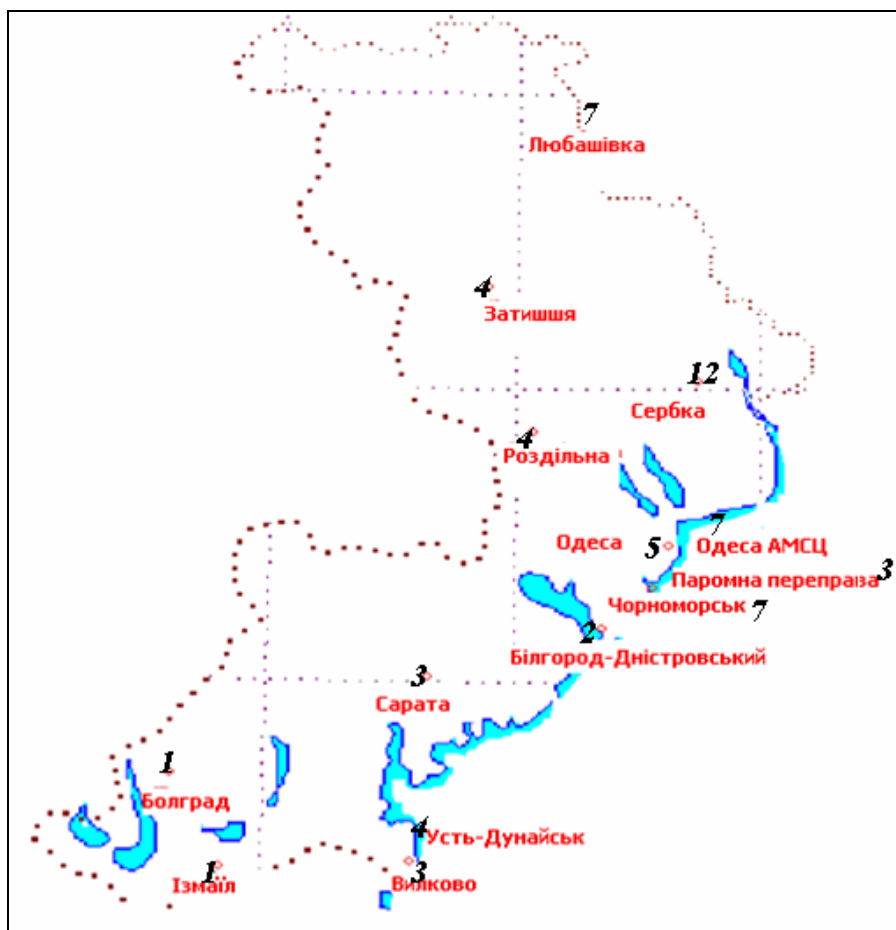


Рис. 3.1. Повторюваність шквалів по території Одеської області за тепле півріччя 2013-2018 рр.

В Одеській області найчастіше шквали формувалися у 2013 р. – 25 випадків, це 36% від загального числа по області за період дослідження. Досить висока повторюваність у 2014 р. – 14 випадків (20%).

Мінімум повторюваності шквалів припадає на Миколаївщину, де шквали в останніх 6-ти роках – поодинокі явище, а у 2017 р. шквали на території області не зафіксовані.

Низька повторюваність шквалів у Херсонській області – 16%; у 2015 р. – жодного випадку. На Херсонщині максимальні річні показники не перевищували 4 випадки, це 2013 і 2014 рр.

Загальний річний розподіл виділяє зростання процесів шквалоутворення у 2013 р. – 35%, мінімум повторюваності шквалів належить 2015 р. – лише 6% - рис. 3.2.

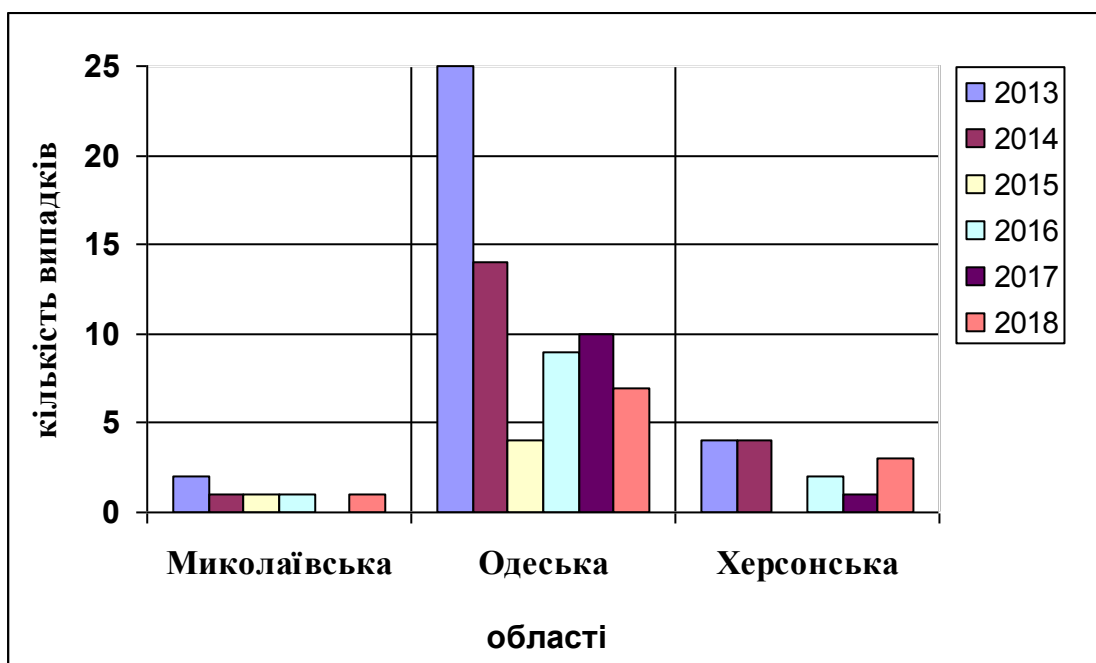


Рис. 3.2. Річна повторюваність шквалів на півдні України за тепле півріччя 2013-2018 рр.

На наступному етапі роботи проаналізовано повторюваність шквалів згідно визначених градацій шквалів за інтенсивністю швидкості вітру – табл.3.2, рис. 3.3.

Таблиця 3.2 - Повторюваність шквалів за градаціями на півдні України за теплий період 2013-2018 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 $\geq 35 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
2013	0	28	3	1
2014	0	18	0	0
2015	0	4	0	1
2016	1	9	2	0
2017	1	10	0	0
2018	0	11	0	0
Всього	2	80	5	2

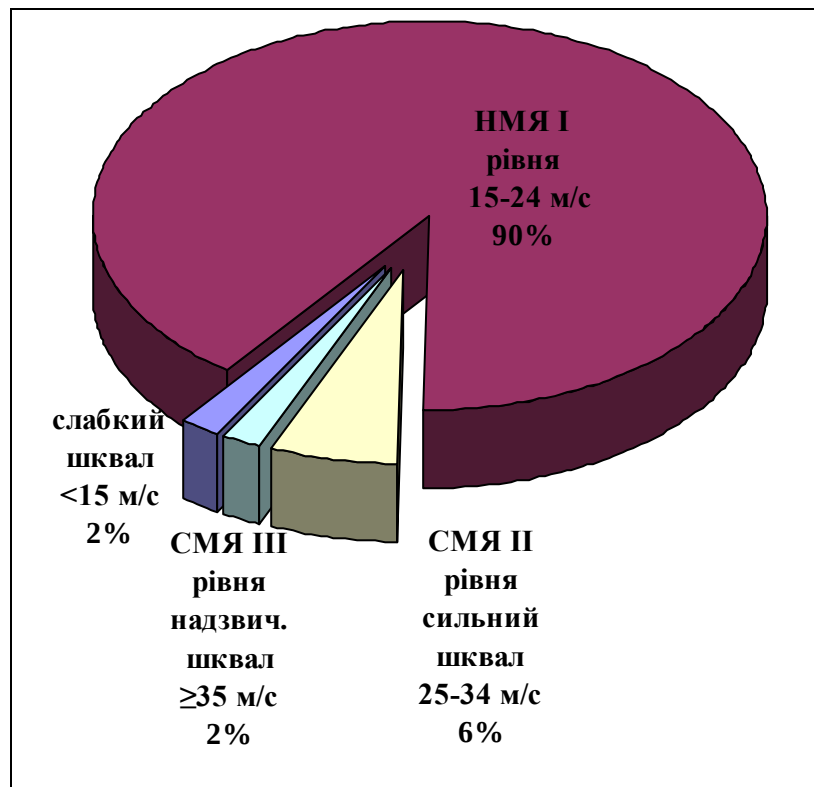


Рис.3.3. Повторюваність шквалів за інтенсивністю на півдні України за теплий період 2013-2018 рр., %

Шквали найменшої небезпечності (слабкі) зі швидкістю до $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, спостерігалися лише двічі в Одеській області: Чорноморськ 06.06.2016 р. (11:24), який супроводжувався грозою, і ст.Порт Південний 21.06.2017 р. (13:16) зі зливою, грозою та градом.

За період дослідження превалюють шквали в наступній градації швидкості - $15-24 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, які склали 90% усіх зареєстрованих шквалів.

На 2013 р. припадає 28 випадків, серед яких більшість спостерігається на території Одещини (18), по 2 випадки на Миколаївщині і Херсонщині.

У 2014 р. зареєстровано 18 випадків шквалів такої інтенсивності, з них в Одеській області - 13 шквалів, у Херсонській – 4 і лише 1 шквал у Вознесенську Миколаївської області.

Протягом теплового періоду 2015 р. відмічено 4 шквали даної градації, 3 випадки - на Одещині і 1 – у Первомайську Миколаївської області.

Наступного 2016-го року зареєстровано 9 шквалів зі швидкостями $15-24 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, це - 6 випадків в Одеській області, 2 – у Херсонській і один шквал у Вознесенську Миколаївської області.

За тепле півріччя 2017 р. спостерігалися 10 шквалів категорії НОЯ І рівня небезпеки, з яких - 9 на Одещині та лише один шквал у Бехтерах Херсонської області.

Всі шквали, що зафіксовані у теплому півріччі 2018 р., належать саме до цієї градації, це 11 випадків. Серед них 7 відмічалось на території Одеської області, 3 – Херсонської і 1- у Первомайську Миколаївської області.

На наступну градацію – сильні шквали (швидкість від 25 до 34 м·с⁻¹) припадає лише 5 випадків – 3 у 2013 р. та 2 у 2016 р.

Остання градація – це СМЯ ІІІ-го рівня небезпеки, або надзвичайний шквал, швидкість якого досягає більш ніж 35 м·с⁻¹. Зазначимо, що шквали такої інтенсивності досить рідко зустрічаються на території України. За досліджуваний період зареєстровано лише один випадок надзвичайного шквалу - Генічеськ (Херсонської обл.) 29.06.2013 р. о 12:28 - шквал з грозою, швидкість вітру 40 м·с⁻¹.

Проаналізуємо особливості місячного розподілу шквалів – табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Місячна повторюваність шквалів на півдні України за теплий період 2013-2018 рр. (кількість випадків)

Область	Місяць							Всього
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
Миколаївська	0	0	1	3	1	1	0	6
Одеська	2	10	37	10	7	2	1	69
Херсонська	0	0	8	5	1	0	0	14
Всього	2	10	46	18	9	3	1	89

Дані повторюваності вказують на значне переважання шквалів у червні – 52%, більше ніж вдвічі нижча частота виникнення шквалів у липні – 20 %. Найнижчі показники шквалоутворення відмічаються у квітні, вересні і жовтні. Загалом простежується зростання частоти формування шквалів від квітня до червня і далі поступове зниження повторюваності до кінця теплового періоду – рис.3.4.

В Одеській області шквали реєструвалися в усі місяці теплового півріччя з максимумом у червні і однаковою повторюваністю у травні і липні. На Херсонщині шквали спостерігалися лише влітку.

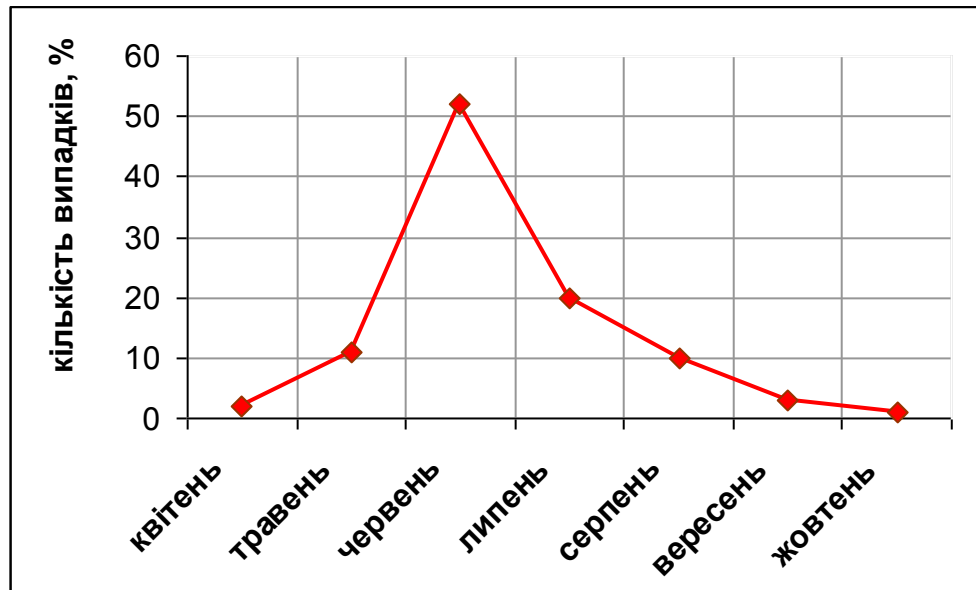


Рис.3.4. Загальна місячна повторюваність шквалів на півдні України за теплий період 2013-2018 рр., %

Таким чином, у місячному розподілі шквалів за останні 6 років у порівнянні з середньокліматичними показниками виділяється зростання повторюваності у травні.

Представляє інтерес визначення добового ходу формування шквалів. За тепле півріччя 2013 – 2018 рр. на півдні України шквали спостерігалися у різні години доби, проведемо аналіз за строками спостережень (кожні 3 години) – табл. 3.4, рис.3.5.

Таблиця 3.4 – Повторюваність шквалів за строками спостереження на півдні України за теплий період 2013-2018 рр. (кількість випадків)

Строки спостереження, год. МСЧ							
00-03	03-06	06-09	09-12	12-15	15-18	18-21	21-00
1	1	1	12	32	27	8	7

Максимум шквалоутворення припадає на денні години з найбільшою часткою між строками 12-15 год. і 15-18 год. – 26% і 30% відповідно. Такі дані відповідають кліматичному розподілу при виникненні шквалів в умовах максимального розвитку конвекції при денному прогріві повітря. Нічні

шквали мали низьку повторюваність, загалом, мінімум (поодинокі випадки) частоти формування шквалів відмічено зі строку 00 до 09 год. ранку.

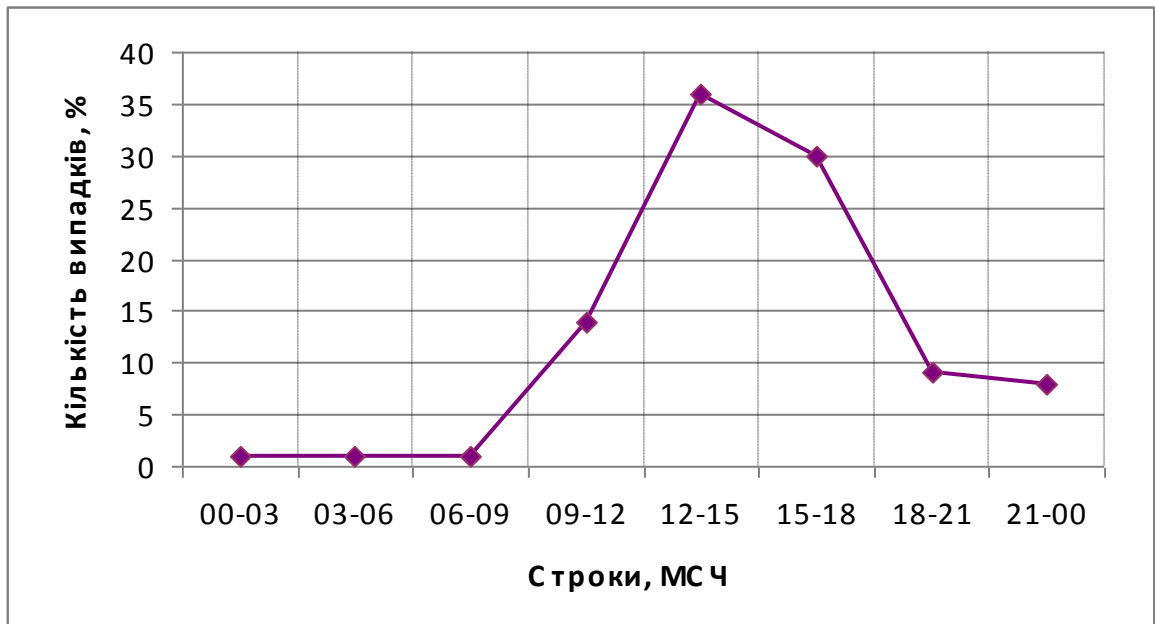


Рис.3.5. Повторюваність шквалів за строками спостережень на півдні України за теплий період 2013-2018 рр. (%)

3.2 Зміни метеорологічних полів при сильних шквалах

Проходження шквалу характеризується стрибкоподібними змінами температури і вологості повітря, атмосферного тиску.

В роботі досліджено хід метеорологічних величин для 5 випадків найсильніших шквалів досліджуваного періоду – 4 випадки в Одесі і 1 – в Генічеську Херсонської області.

У табл. 3.5 представлено характеристики метеорологічних величин до моменту виникнення шквалу та після нього.

Відповідно до календарних дат наведемо поетапно розподіл температури повітря, відносної вологості і атмосферного тиску при формуванні виділених шквалів.

Таблиця 3.5 – Хід метеорологічних параметрів при сильних шквалах

Строк, МСЧ	Метеорологічні параметри									
	N, бали	H НМХ, м	dd,°	ff, м·с ⁻¹	T, °C	Td, °C	U, %	P, гПа	ppp, гПа/ 3 год	Явища погоди
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Одеса ГМО 31.05.2013 р. шквал 31 м·с ⁻¹ 19:07										
00	5 Ci	>2500	140	4	19,5	18,0	83	1004,6	-0,8	
03	10 Sc Ci	1000	180	3	18,7	17,9	96	1004,3	-0,2	
06	9 Sc	600	135	5	18,7	18,2	95	1003,6	-0,7	
09	7 Sc	300	135	5	19,8	19,7	96	1003,1	-0,5	
12	10 Ac	300	160	5	20,8	18,8	93	1002,8	-0,3	
15	10 Ac St	300	180	5	20,7	19,4	89	1002,5	-0,3	
18	5 Sc	300	225	2	20,2	17,7	95	1001,3	-1,2	
21	10 Cb	200	250	2	19,4	12,9	90	1002,6	1,2	⚡
Одеса АМСЦ 16.06.2013 р. шквал 26 м·с ⁻¹ 13:41										
00	3 Cb	1290	340	6	21,0	20,0	94	1012,8	0,0	
03	ясно		350	5	19,0	18,0	94	1012,8	0,0	
06	3 Cb	300	шт	0	19,0	18,0	94	1012,8	0,0	
09	3 Cb	690	320	8	21,0	18,0	83	1012,8	0,0	
12	3 Cb	690	350	7	25,0	20,0	74	1011,9	-0,9	⚡
15	3 Cb	780	90	6	29,0	17,0	48	1013,9	2,0	⚡ ⚡
18	5 Cb	390	360	9	18,0	18,0	100	1014,8	0,9	
21	3 Cb	690	340	6	19,0	19,0	100	1012,8	0,0	
Генічеськ 29.06.2013 р. шквал 40 м·с ⁻¹ 12:26										
00	ясно		360	2	26,4	22,2	78	1009,0	-0,2	
03	ясно		360	2	22,5	19,0	81	1008,8	-0,3	
06	8 Cu Ac	600	90	2	23,0	15,9	64	1008,9	0,1	
09	3 Ac	> 2500	140	4	29,0	18,8	54	1008,8	-0,1	
12	3 Ac Cu	1000	140	4	29,8	22,1	63	1008,4	-0,4	
15	8 Cb Ci	600	90	4	28,5	22,3	69	1007,6	-0,6	⚡
18	6 Ci Ac Cb	600	50	4	23,0	15,5	63	1008,3	0,4	⚡
21	3 Sc Ac Ci	600	90	2	23,3	16,9	67	1007,2	-0,8	

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Одеса АМСЦ 03.04.2015 р. шквал 37 м·с ⁻¹ 12:42										
00	5 Ci Ac Sc	600	шт	0	4,0	0,0	75	1010,1	-2,0	
03	8 Ci Ac Sc	600	210	4	3,0	1,0	87	1008,1	-2,0	
06	8 Ac Cb	500	210	3	2,0	0,0	87	1005,1	-3,0	
09	8 Ac Cb	300	260	5	6,0	2,0	76	1005,1	0,0	↕
12	6 Ac Cb	600	170	6	4,0	3,0	93	1002,0	-3,1	
15	8 Ci Ac Sc	600	250	7	7,0	4,0	81	1000,9	-2,9	↘
18	8 Ac Sc	600	240	11	6,0	0,0	66	1000,9	0,0	↗ ↕
21	10 Cb	600	270	9	3,0	1,0	87	1000,0	-0,9	↕
Одеса ГМО 07.08.2016 р. шквал 29 м·с ⁻¹ 14:30										
00	2 Sc	600	300	1	26,2	17,1	57	1013,2	-0,3	
03	2 Ci	>2500	300	3	24,8	17,1	62	1013,2	0,0	
06	Ясно		360	2	28,1	18,4	56	1013,5	0,2	
09	Ясно		320	2	35,1	18,5	37	1013,2	-0,2	
12	4 Cu, Ac	600	320	3	34,6	16,8	35	1012,4	-0,5	↗
15	10 Cb	300	280	3	19,2	18,9	98	1014,0	1,1	↗ ↕ ↘
18	3 Sc, Ci	600	330	4	26,5	19,6	66	1015,2	0,9	↗
21	2 Ac	>2500	320	4	23,5	18,1	72	1016,7	1,0	

Перший випадок - 31.05.2013 р. на ст. Одеса ГМО спостерігався шквал 31 м·с⁻¹ з 19:07 до 19:28 за МСЧ, явище тривало 21 хв., явище не передбачене в прогнозі за зведенням СГЯ від ГМЦ ЧАМ. Шквали меншої інтенсивності від 19 до 25 м·с⁻¹ відмічалися на деяких станціях області в близькі строки.

Відомо, що перед шквалом тиск різко падає, це пов'язано з сильним висхідним потоком теплого повітря, після проходження шквалу тиск різко зростає при опусканні холодного повітря, що на барограмі виділяється як, так званий, «грозовий ніс».

На рис.3.6 продемонстровано криву ходу атмосферного тиску: тиск почав повільно падати зі строку 00 МСЧ (1004,6 гПа) до 15 год., з 15 год. відмічалось посилення падіння тиску до 1,2 гПа/3 год., після шквалу тиск

зростає на 1,2 гПа/3 год. Сб хмарність сформувалася тільки в надвечірні строки.

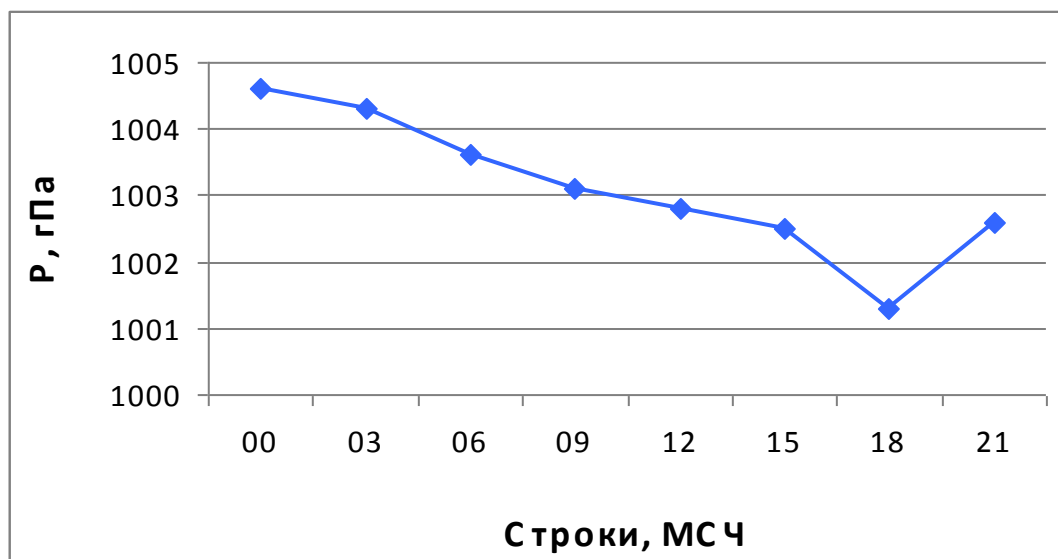


Рис. 3.6. Хід атмосферного тиску по ст. Одеса ГМО 31.05.2013 р.

Типово зміни температури при шквалах виділяють падіння після шквалу, а саме явище виникає в широкому діапазоні температури повітря.

Для більшої наочності побудовано графік ходу температури і відносної вологості повітря при проходженні шквалу через станцію – рис.3.7-3.8.

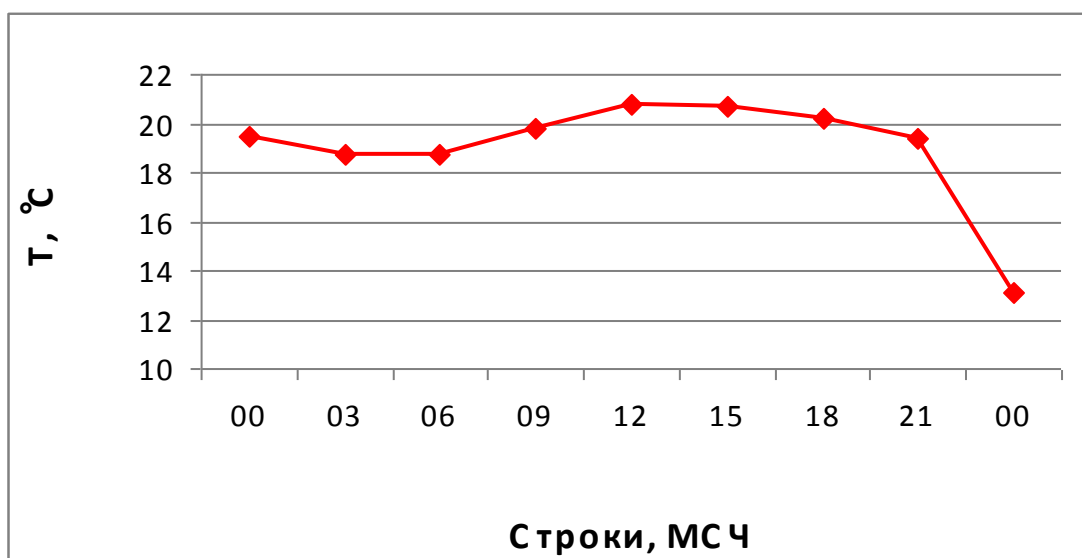


Рис. 3.7. Хід температури повітря по ст. Одеса ГМО 31.05.2013 р.

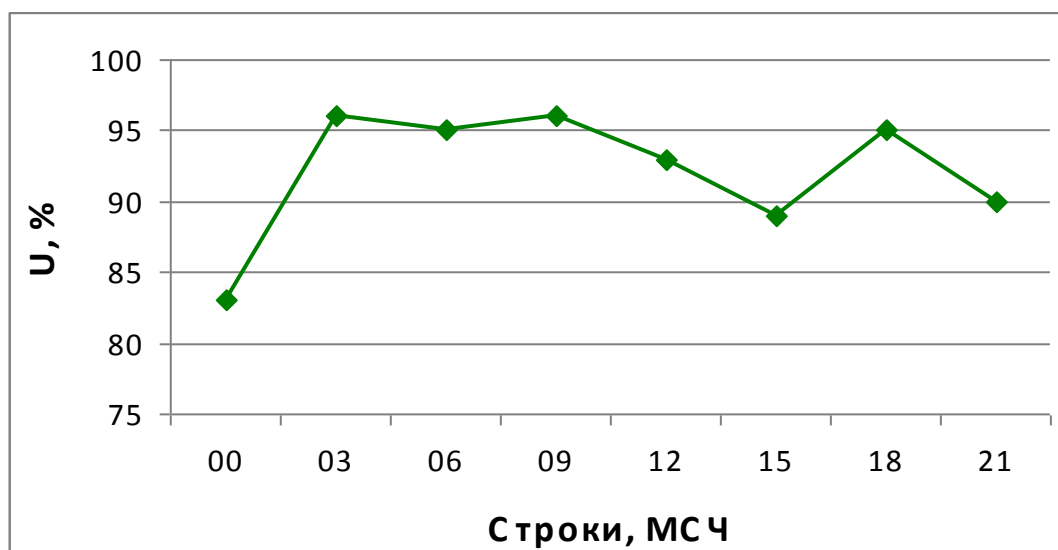


Рис. 3.8. Хід відносної вологості по ст. Одеса ГМО 31.05.2013 р.

Результати дослідження показують, що температура повітря за добу від 00 до 21 МСЧ коливалася незначно – від 18,7 до 20,7°C. Зміни температури між строками виникнення явища від 20,2 до 19,4°C, а суттєве зниження простежується до кінця доби на строк 00 МСЧ 01 червня 2013 р. – до 13,1С.

За добу відносна вологість змінювалася стрибкоподібно, але була підвищеною весь час; деяке зниження вологості відмічалось на строк 15 год і далі перед шквалом - зростання з 89% до 95%, а після шквалу знову зниження до 90%.

Другий випадок - ст. Одеса АМСЦ 16.06.2013 р., шквал зафіксовано о 13:41 МСЧ – 26 м·с⁻¹ і 13:45 – 20 м·с⁻¹, шквали супроводжувалися грозовою діяльністю і зливою. Сб хмарність реєструвалася протягом доби.

По області шквали також відмічалися на ст. Порт Південний - 20 м·с⁻¹, Чорноморськ - 17 м·с⁻¹, Затишшя – 16 м·с⁻¹.

На рис. 3.9 проілюстровано розподіл атмосферного тиску, як видно з кривої - тиск не змінювався зі строку 00 до 09 МСЧ, але перед шквалом знизився на 0,9 гПа, а після - зріс на 2,0 гПа. Таким чином, за добу виділяються незначні зміни баричної тенденції.

Температура повітря на АМСЦ Одеса у першій половині доби стрімко зростала від строку 06 до 15 МСЧ. Між строками 12 і 15 год. відмічався максимум температури в 29°C, далі - після проходження шквалу зафіксовано різке зниження температури до 18°C на строк 18 МСЧ. Такий хід температури повітря відповідає типовому для шквалових ситуацій.

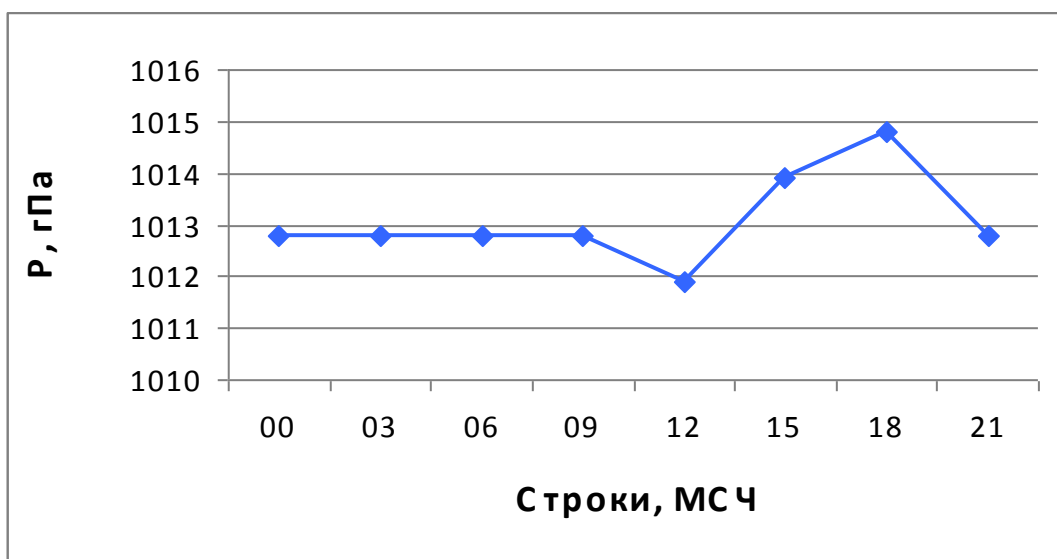


Рис. 3.9. Хід атмосферного тиску по ст. Одеса АМСЦ 16.06.2013 р.

Більш чітко проходження шквалу в розподілі температури повітря проілюстровано на рис. 3.10.



Рис. 3.10. Хід температури повітря по ст. Одеса АМСЦ 16.06.2013 р.

У цьому випадку зазначимо відхилення у змінах відносної вологості при шквалі, а саме – зменшення показників вологості з 07:00 до 12:00 год і, далі, стрімке зниження до показників 48% з 14:30 до 15:20. (рис.3.11). Надалі відносна вологість почала зростати і повітря досягло насичення на строк від 17:00 до 19:00 – 100%, деяке зниження до 94% з 19:30 до 20:00; до кінця доби знову реєструється вологість 100%.

В результаті часовий проміжок при суттєвому зниженні вологості повітря припадає на час підвищення температури до максимуму і, навпаки, падіння температури повітря після шквалу співпадає з проміжком зростання вологості до 100%.

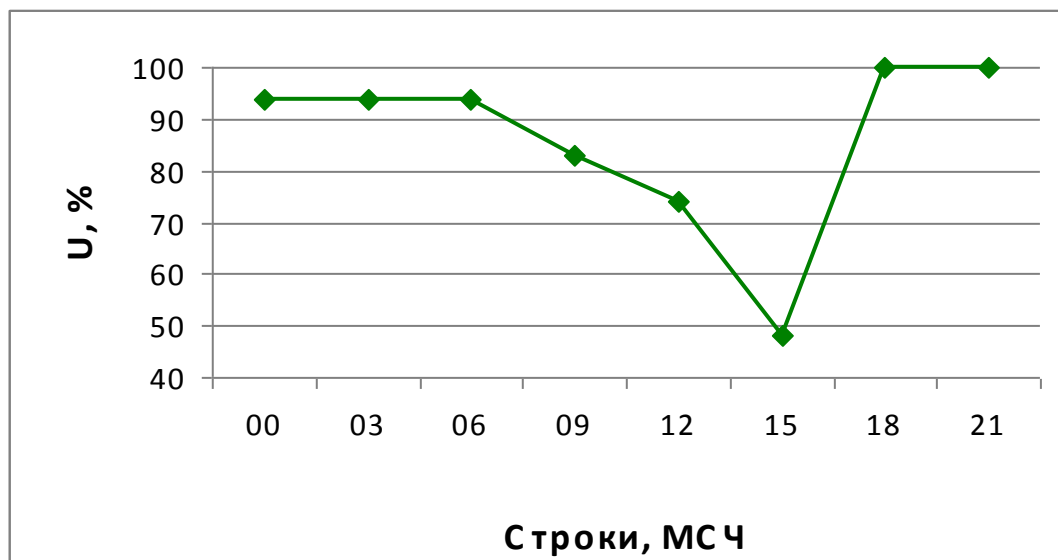


Рис. 3.11. Хід відносної вологості по ст. Одеса АМСЦ 16.06.2013 р.

Наступний випадок – надзвичайний шквал у Генічеську 29.06.2013 р. - $40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ 12:26 МСЧ. Відмітимо, що за період спостережень – теплі півріччя 2013-2018 рр. по території Одеської, Херсонської і Миколаївської області це шквал з найбільшою зафіксованою швидкістю вітру.

По Херсонській області також відмічався шквал на ст. Херсон і Нижні Сірогози – 17 і $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ відповідно.

Дані МРЛ свідчать про значний розвиток конвекції - висота верхньої межі хмарності сягала 9-11 км на строки 12 і 15 год МСЧ, шквал супроводжувався грозою з градацією помірна відповідно коду RADOB. При цьому Cu і Cb хмари відмічаються саме в денні строки від 12 до 18.

Розглядаючи хід атмосферного тиску за даними ст. Генічеськ, зазначимо слабкі зміни протягом доби (рис. 3.12). Починаючи зі строку 00 тиск почав знижуватися до показників 1007,6 гПа на 15 год., тобто на час проходження шквалу, потім до строку 18 МСЧ тиск зростає на 0,4 гПа і знову падає до 21 год. на 0,8 гПа.

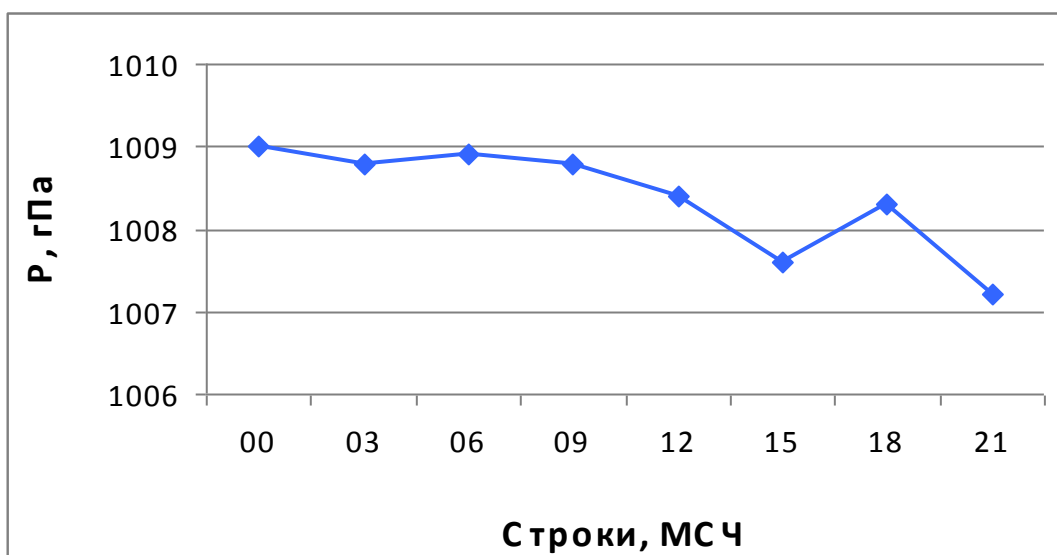


Рис. 3.12. Хід атмосферного тиску по ст. Генічеськ 29.06.2013 р.

Температура повітря зі строку 00 до 03 год. різко знижується на 4°C, до строку 06 МСЧ повільно, а надалі до 12 год стрімко підвищується до максимуму в 29,8°C. На момент проходження шквалу відмічається типове різке і значне падіння температури до 23°C на строк 18 год.(рис. 3.13).



Рис. 3.13. Хід температури повітря по ст. Генічеськ 29.06.2013 р.

Зміни відносної вологості за добу 29 червня 2013 р. продемонстровано на рис. 3.14. Так, від 03 до 09 год МСЧ виділяється суттєве зменшення вологості повітря – від 81 до 54%. На час проходження шквалу відносна вологість дещо зростає до 69% і на кривій розподілу виділяється злам при

наступному деякому зменшенню вологості до строку 18 МСЧ (63%) і зростанню до 21 год. (67%).



Рис. 3.14. Хід відносної вологості по ст. Генічеськ 29.06.2013 р.

Черговий випадок шквалоутворення на ст. Одеса АМСЦ 03.04.2015 р. - зафіксований шквал $37 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ о 12:42, тривав 4 хв., і дещо пізніше – о 12:46 – слабкий шквал $12 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ при вітрах південної чверті.

Шквали спостерігалися у комплексі з грозою, градом з діаметром 11 мм і слабким зливовим дощем (3 мм).

За зведеннями явище не передбачене: «у добовому й уточненому прогнозах ГМЦ ЧАМ очікувався вітер південно-західний $15\text{-}20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ».

Показники атмосферного тиску протягом доби показують відхилення від типового розподілу, а саме – тиск знижувався від строку до строку всю добу. Таким чином, класичний злам кривої ходу тиску не сформувався – рис.3.15.

Зазначимо суттєве падіння тиску за добу на 10 гПа, найінтенсивніше падіння відмічалось на строк 06 МСЧ – $3,0 \text{ гПа}/3 \text{ год.}$ і далі, саме на час проходження шквалу – на 12 год. $-3,9 \text{ гПа}/3 \text{ год.}$ і на 15 год. – $2,9 \text{ гПа}/3 \text{ год.}$

Представляє інтерес дослідження приземного поля температури, оскільки шквал сформувався при нетипово низькому фоні температури повітря – протягом доби температура варіювала в межах лише $1\text{...}8^\circ\text{C}$. Максимум температури у 8°C відмічався з 10:30 до 11:00, а далі – поступове зниження до 13:00, тобто температура зростала перед шквалом, а на час проходження шквалу за проміжок 12:29 - 12:49 зафіксовано мінімальну

температуру в 1°C . Надалі до строку 15 МСЧ знову спостерігалось зростання температури повітря до 7°C і, відповідно добовому ходу, зниження у вечірні строки до 3°C – рис.3.16.

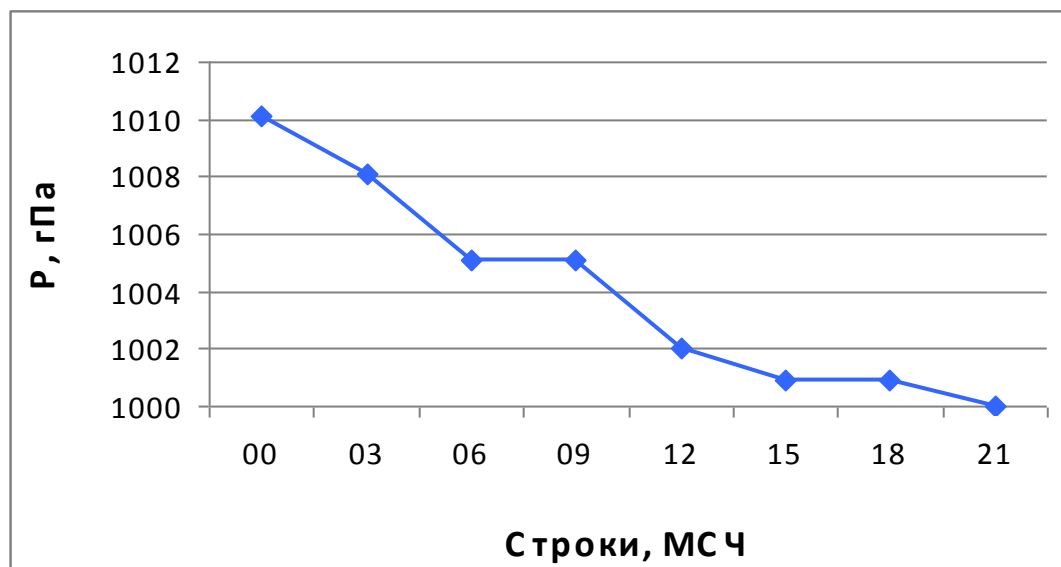


Рис. 3.15. Хід атмосферного тиску по ст. Одеса АМСЦ 03.04.2015 р.



Рис. 3.16. Хід температури повітря по ст. Одеса АМСЦ 03.04.2015 р.

Зміни відносної вологості (рис.3.17) свідчать про зростання вологості перед шквалом від 09:30 – 66% до 100% на часовий проміжок формування шквалів – з 12:21 до 13:00 год. Надалі відмічалось поступове зниження вологості до 66% на строк 18 МСЧ і деяке підвищення до кінця доби до 87%.

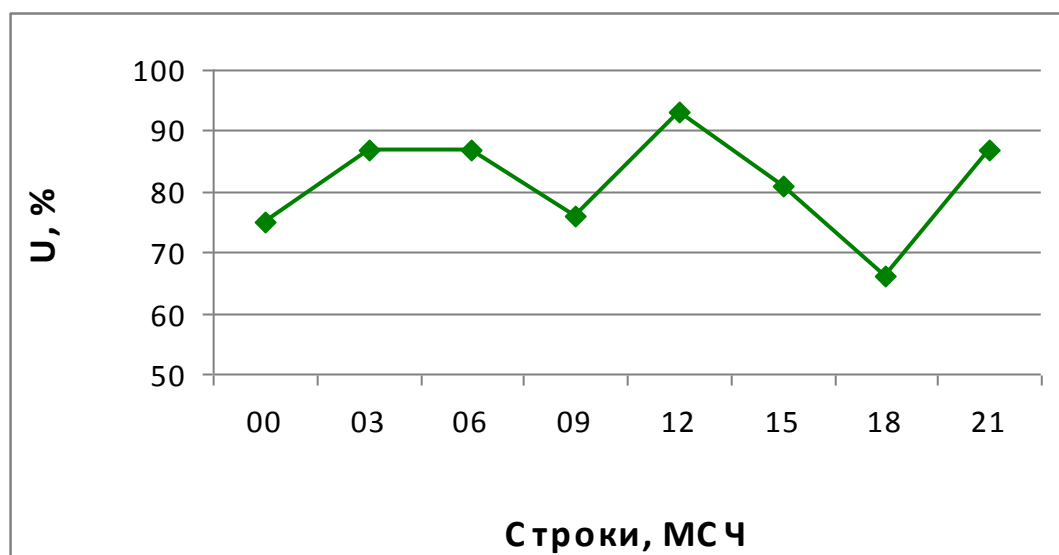


Рис. 3.17. Хід відносної вологості по ст.. Одеса АМСЦ 03.04.2015 р,

Розглянемо шквал, що спостерігався в Одесі 7 серпня 2016 р. За даними ст. Одеса ГМО зафіксовано шквал $27 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ о 13:57, далі на 14:20 відмічено сильну зливу – 35 мм за годину, і шквал $29 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 14:30. Пізніше, на 18:00 зареєстровано сильний дощ 55 мм/2 год. На ст. Одеса АМСЦ відмічено шквал $27 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ о 14:10, гроза, злива, град діаметром 7 мм.

Зміни атмосферного тиску при шквалі на ст. Одеса ГМО (рис.3.18) показують, що тиск практично не змінювався зі строку 00 до 09 МСЧ. Далі – слабке падіння до 12 год. на 0,5 гПа/3год. і, починаючи зі строку 12 МСЧ до кінця доби – зростання тиску. В результаті, і на момент формування шквалу, і після його проходження тиск зростав, що є відхиленням у розподілі.

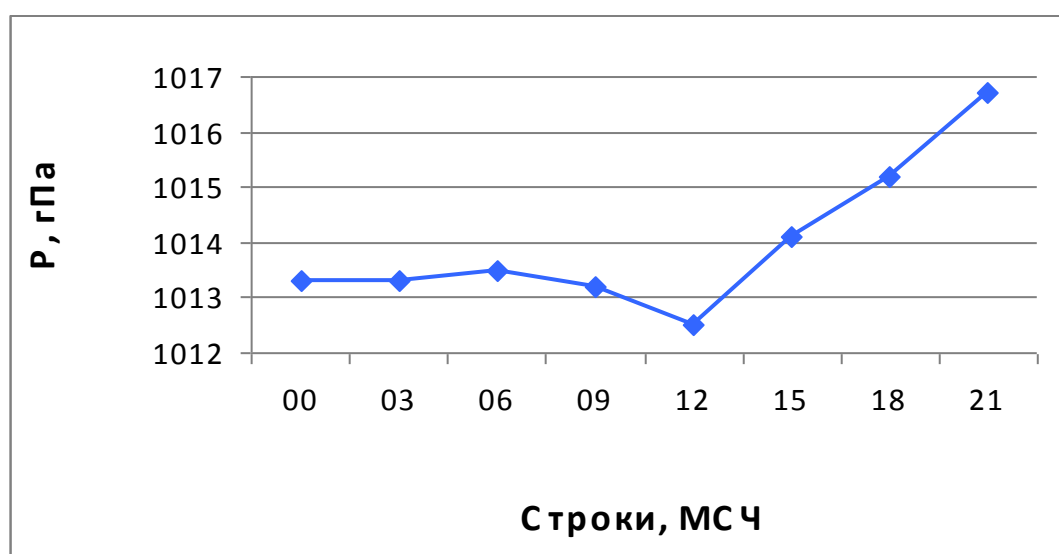


Рис. 3.18. Хід атмосферного тиску по ст. Одеса ГМО 07.08.2016 р.

Хід температури відповідає класичній схемі при проходженні шквалу (рис.3.19). Температура повітря в Одесі протягом першої половини доби зростала і безпосередньо перед шквалом становила $34,6^{\circ}\text{C}$, після проходження шквалу зафіксовано різке зниження температури до $19,2^{\circ}\text{C}$.



Рис. 3.19. Хід температури повітря по ст. Одеса ГМО 07.08.2016 р.

На ранкові строки вологість не перевищувала 62%. Зі строку 06 МСЧ відзначалося зменшення відносної вологості повітря, інтенсивне зниження до 35% спостерігалось з 12 до 15 години. Починаючи від 15 год. зміна вологості свідчить про різке зростання до 98% при проходженні шквалу - рис.3.20.

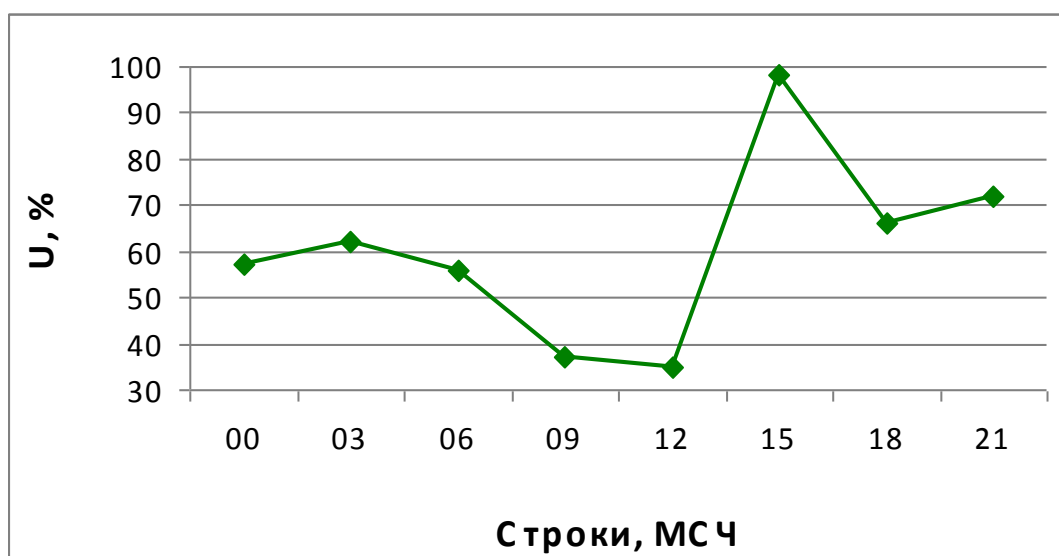


Рис. 3.20 Хід відносної вологості по ст. Одеса ГМО 07.08.2016 р.

Підсумовуючи аналіз змін метеорологічних величин при сильних шквалах досліджуваного періоду, відмітимо типовий розподіл температури повітря при шквалах, а саме – підвищення на момент виникнення явища і зниження – після шквалу.

Найбільша амплітуда ходу температури повітря відмічається при літніх шквалах на ст.Одеса ГМО 16.06.2013 р. і 07.08.2016 р. – падіння температури після шквалу на 11 і 15°C відповідно.

Зміни вологості, за виключенням одного випадку шквалоутворення (16.06.2013р.), вказують на зростання відносної вологості при шквалі до 100, або близько 100%.

Розподіл атмосферного тиску при сильних шквалах, також за виключенням одного випадку (ст. Одеса АМСЦ 03.04.2015 р.), виділяє злам кривої ходу тиску при падінні тиску перед шквалом і зростанні після шквалу.

3.3 Аналіз синоптичних процесів виникнення сильних шквалів

За даними повторюваності шквалів у теплі періоди 2013-2018 рр. на півдні країни виділено 1 випадок надзвичайного шквалу і 4 випадки сильних шквалів:

1. 29.06.2013 р. Генічеськ – $40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$;
2. Одеса - 31.05.2013 р. – $31 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$;
3. Одеса - 16.06.2013 р. – $26 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$;
4. Одеса АМСЦ - 03.04.2015 р. – $37 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$;
5. Одеса - 07.08.2016 р. – $29 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; Одеса АМСЦ - $27 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Розглянемо особливості циркуляційних умов формування виділених випадків, починаючи з надзвичайного шквалу у Генічеську.

Комплекс небезпечних погодних умов – зливи, град, грози, шквали сформувався над півднем України на ділянці холодного фронту при малоградієнтному поля зниженого тиску біля поверхні землі.

Полярний фронт орієнтований над Україною меридіонально, практично вздовж 30° сх.д. по південній периферії смуги високого тиску, утвореної азорським антициклоном над Європою і полярним - над північню східноєвропейської рівнини – рис.3.21.

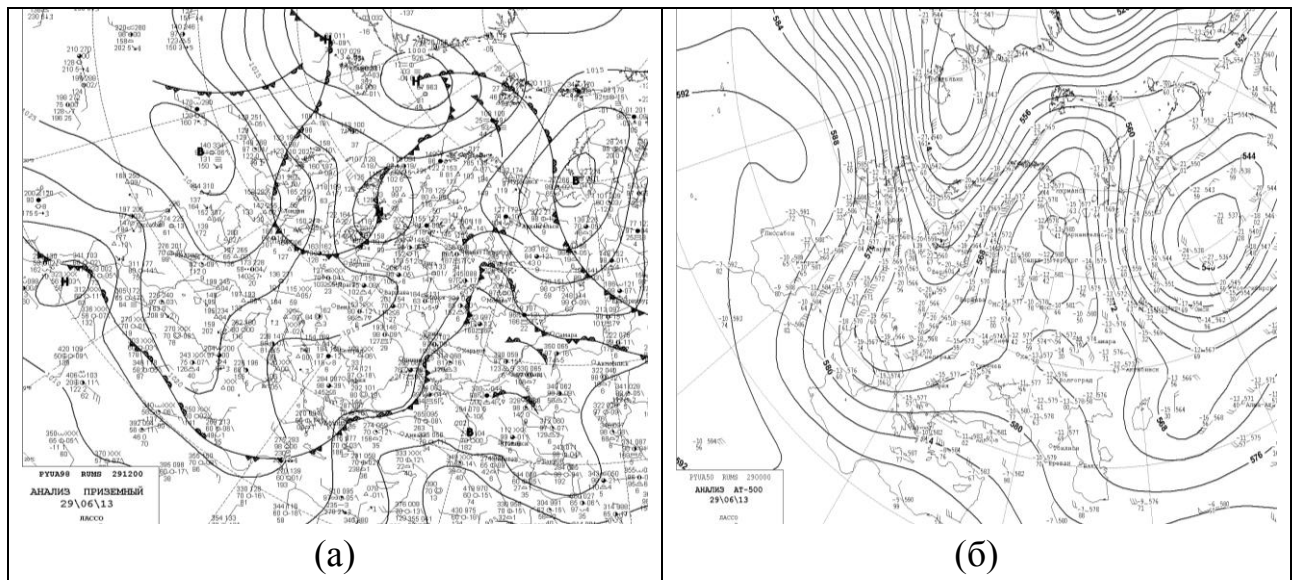


Рис. 3.21. Синоптичні карти 29.06.2013 р.: (а) – приземна карта погоди, 12 ВСЧ; (б) - АТ-500, 00 ВСЧ

Система мультикоміркової хмарності над Херсонською областю і АР Крим простежується за знімками хмарності – рис.3.22. За даними МРЛ Сімферополя максимальна висота радіолуни $H_{\max}$ досягала 9-11 км. Багатокоміркові (мультикоміркові) *Cb* хмари складаються одночасно з кількох осередків (комірок), при цьому кожен осередок у фіксований момент часу знаходиться на різних стадіях свого розвитку, причиною їх утворення є великомасштабна конвергенція в зоні улоговин і атмосферних фронтів.

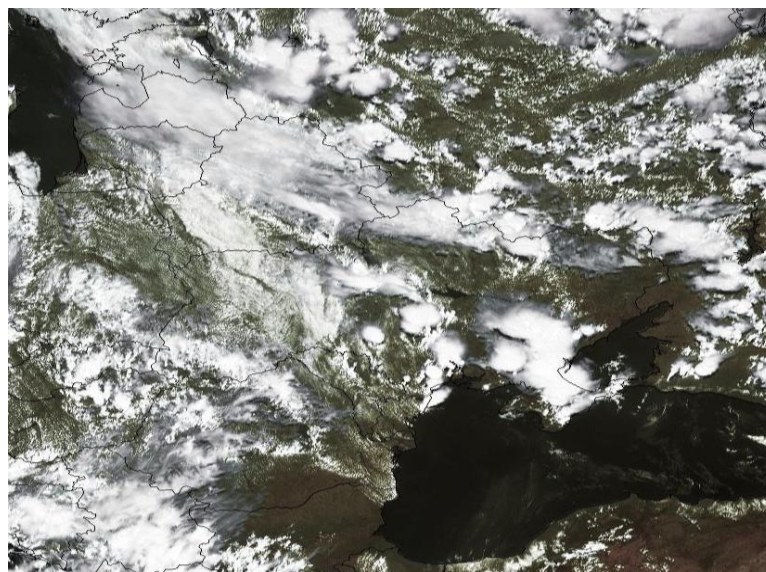


Рис. 3.22. Супутниковий знімок Meteosat MSG 29.06.2013 р., ТВ, 12 UTC

Другий випадок 31 травня 2013 р. - зафіксований шквал о 19:19 год. зі швидкістю вітру $31 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Зазначимо, що шквал такої сили не прогнозувався, метеостанціями він не був зафіксований і в розподілі карт штормових явищ, бюлетенів погоди і таблицях та зведеннях не відображений.

Аналіз синоптичної ситуації показує існування області низького тиску 31.05.2013 р., яка охоплювала переважну частину європейського сектору і поширювалася до Чорного моря, з системою пов'язані 2 фронтальні розділи з хвилями (рис.3.23 (а)). У надвечірні строки через Одещину зміщується ділянка холодного фронту арктичної системи меридіональної орієнтації, у системі якої і сформувався шквал. Цей циклон визначався на початок доби, як високе баричне утворення, до вечірніх строків приземний центр заповнюється і циклон стає висотним, чітко вираженим у середній і верхній тропосфері. Україна знаходилася у передній частині висотного вихору – рис.3.23 (а).

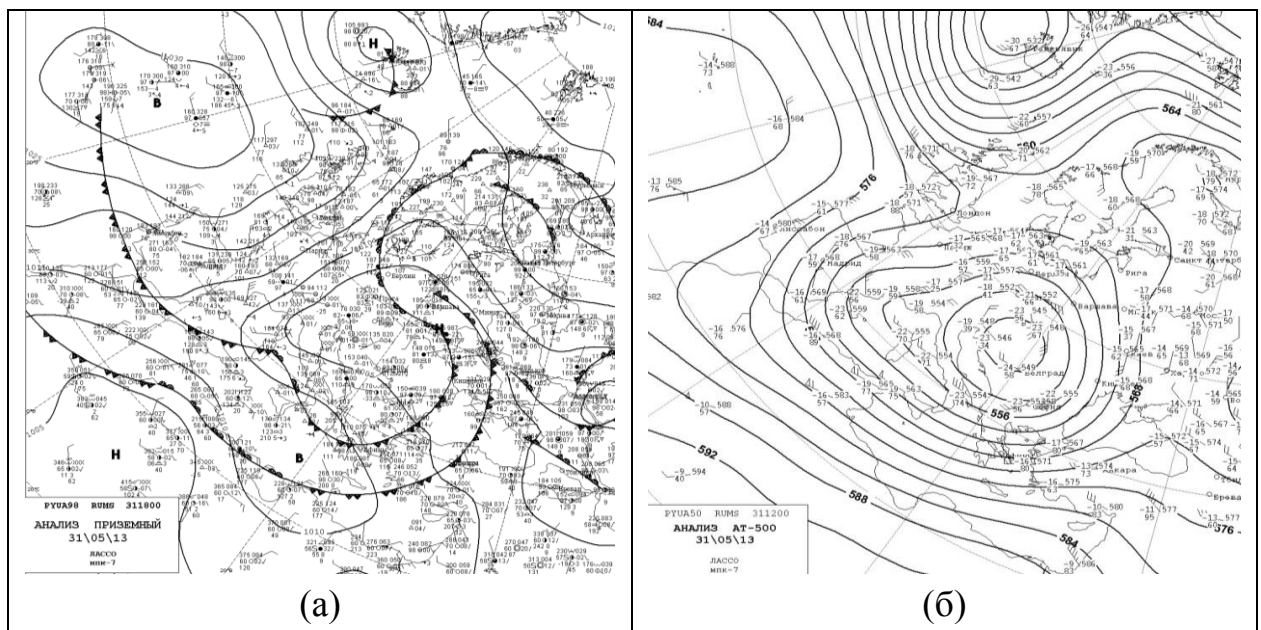


Рис. 3.23. Синоптичні карти 31.05.2013 р.: (а) – приземна карта погоди, 18 ВСЧ; (б) - АТ-500, 00 ВСЧ

На Одещині відмічалися складні погодні умови, що супроводжувалися грозовою діяльністю, посиленням вітру до $20\text{--}21 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на станції Порт Південний і Одеса АМСЦ і шквалами на ряді станцій: Роздільна – $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ 19:55, Затишшя – $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ 20:46, Сербка – $19 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ 21:23, Білгород-Дністровський – $12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ 19:23.

Зону активної конвекції у системі холодного фронту демонструють супутникові знімки. Розширений ІЧ знімок Infrared Enhancements з накладанням температурних градацій, що вказує температуру верхньої межі хмарності і застосовується для виявлення атмосферної нестабільності представлено на рис. 3.24. В даному випадку над Одещиною виділяється кластер Сb округлої форми з викидами перистих хмар, які облямовують купчасто-дощове скупчення і представляють собою вид хмарності з ковадел. Це показова структура хмарності при достатньому розвитку Сb по вертикалі, коли верхні границі хмар є зледенілими, на що вказують низькі температури ВМХ верхнього ярусу до -50°C у центрі суперкомірки.

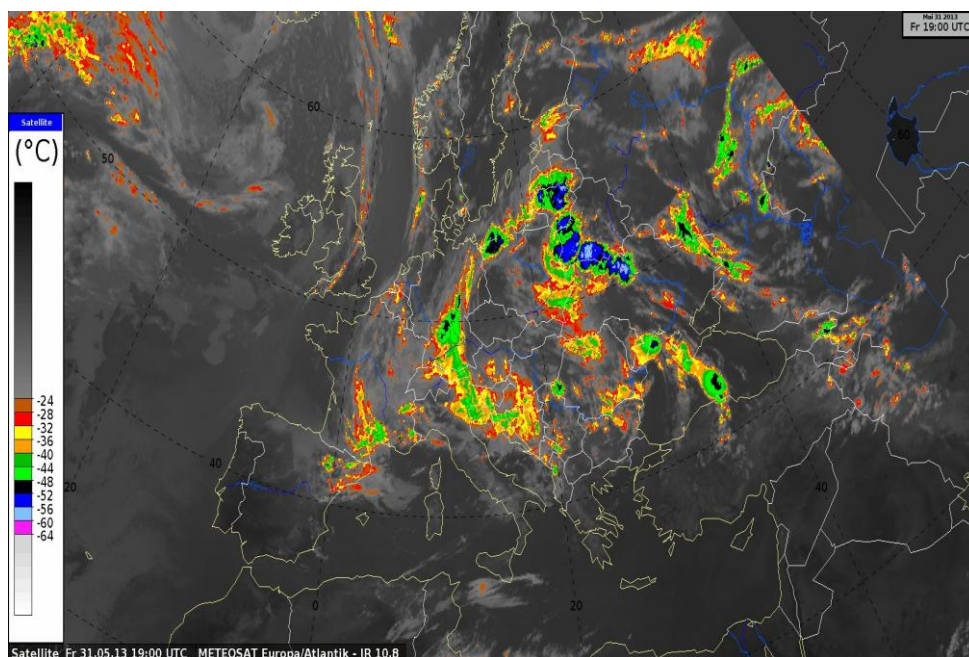


Рис. 3.24. Знімок хмарності МШСЗ 31.05.2013 р., IR, 19 UTC

На знімку рис.3.25. наведено супутниковий знімок RGB Airmass – повітряні маси, температура; вид зображень дозволяє визначити конвекцію - хмари яскраво-білого кольору, вершини яких досягають значних висот. Так, над Одеською областю простежується потужний осередок ЗАК саме на час формування сильного шквалу.

16.06.2013 р. шквал в Одесі також був пов'язаний з висотним циклоном, але мав внутрішньомасове походження – рис.3.26. Біля землі виділяється розмита система низького тиску над південно-східною Україною і Кавказом, як залишкова циклону, що заповнюється у нижній тропосфері; на рівнях 850 і 700 гПа замкнуті центри вихору простежуються над Чорним морем і Малою

Азією, а на АТ-500 висотний центр виокремлюється над центральною акваторією Чорного моря і АР Крим.

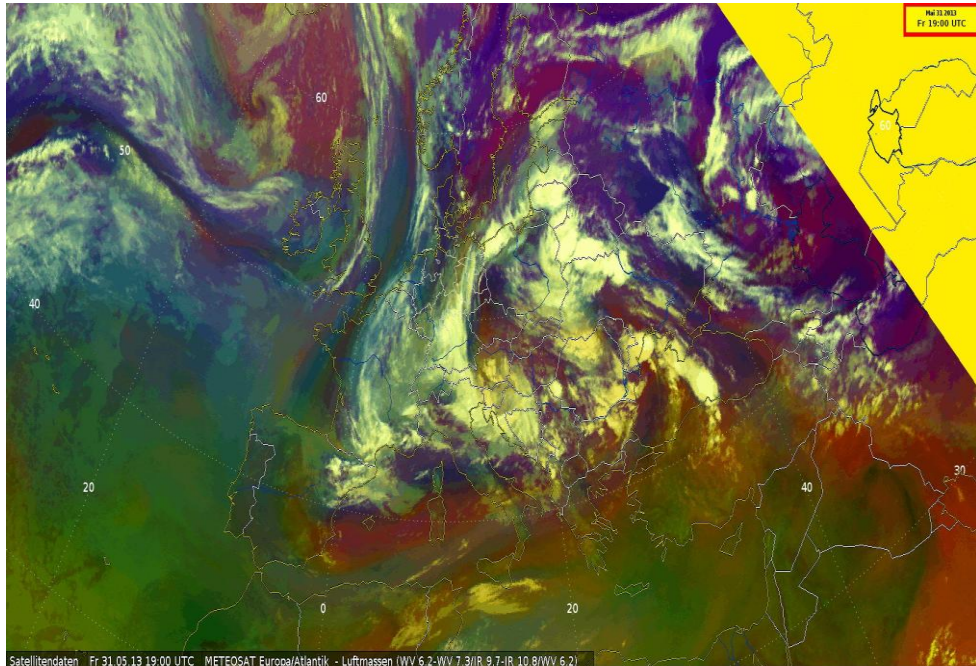


Рис. 3.25. Знімок хмарності МІСЗ 31.05.2013 р., RGB Airmass, 19 UTC

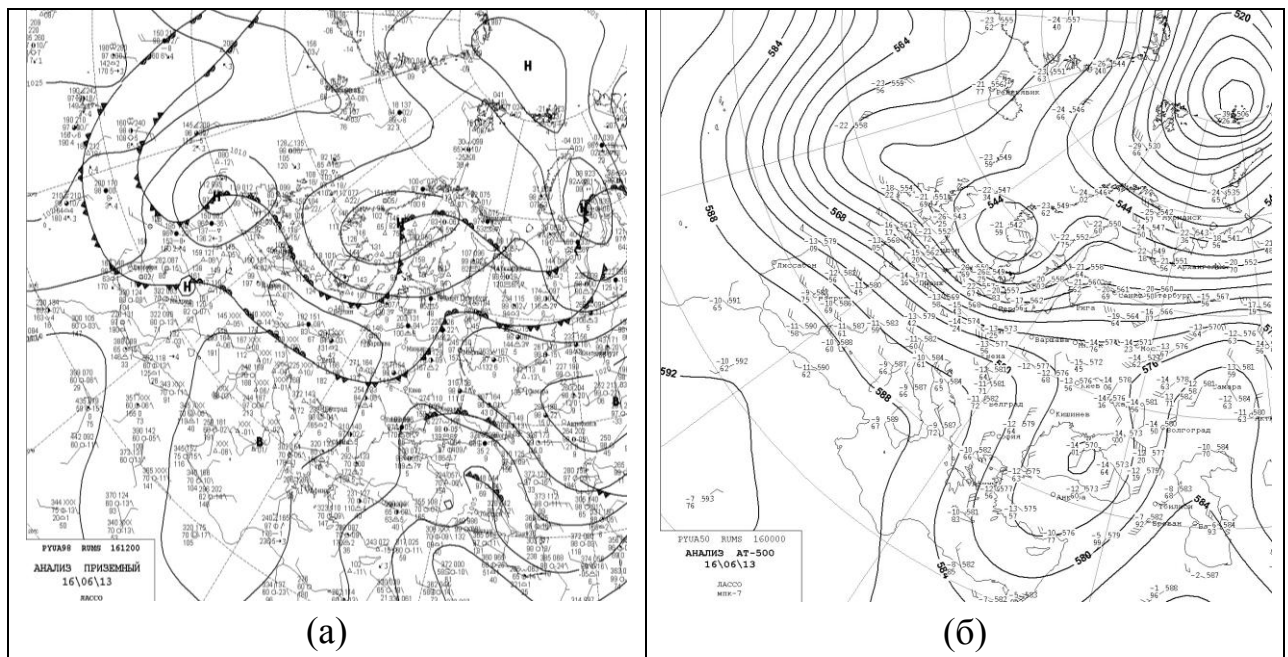


Рис. 3.26. Синоптичні карти 16.06.2013 р.: (а) – приземна карта погоди, 12 UTC; (б) - карта АТ-500, 00 UTC

У полі хмарності виділяються хмарні спіралі невеликого розміру з потужних купчастих і купчасто-дощових хмар циклону у стадії дисипації, що мають розриви і зміну інтенсивності потужності хмар з вкрапленнями осередків Сб яскраво-білого тону – рис.3.27

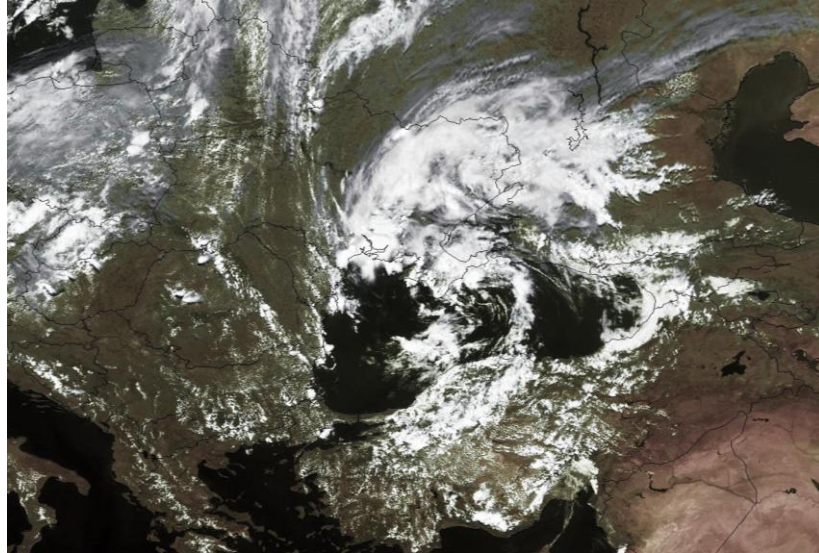


Рис.3.27. Супутниковий знімок Meteosat MSG 16.06.2013 р., ТВ, 12 UTC

Наступний випадок – найбільш раннє формування шквалу за теплі півріччя 2013-2018 рр. – 3 квітня 2015 р. на ст. Одеса АМСЦ.

Шквал виник у системі масштабного північно-західного циклону (пірнаючий циклон), який зміщувався з 1 квітня від Норвезького моря і Скандинавії. Рух циклону визначали 2 суміжні області високого тиску – антициклон над західною Європою і східною Атлантикою та антициклон над Сибіром. В результаті основні фронтальні розділи над східною Європою мали виражену меридіональну спрямованість. У верхній тропосфері 03.04.2015 р. виділяється поглиблений високий циклон з центром в районі Польщі (рис.3.28).

Кільцева карта погоди за 06 UTC деталізує структурні особливості приземного баричного поля. Єдина система пірнаючого циклону починає руйнуватися і вихор розділяється на кілька сполучених центрів, що формуються на хвилях арктичного і полярного фронтальних розділів. Так, частинний центр циклону оформлюється над Подільською височиною з мінімальним тиском у центрі 999,0 гПа. З циклоном пов'язаний арктичний фронт, на холодній ділянці якого і утворився шквал над Одесою – рис.3.29.

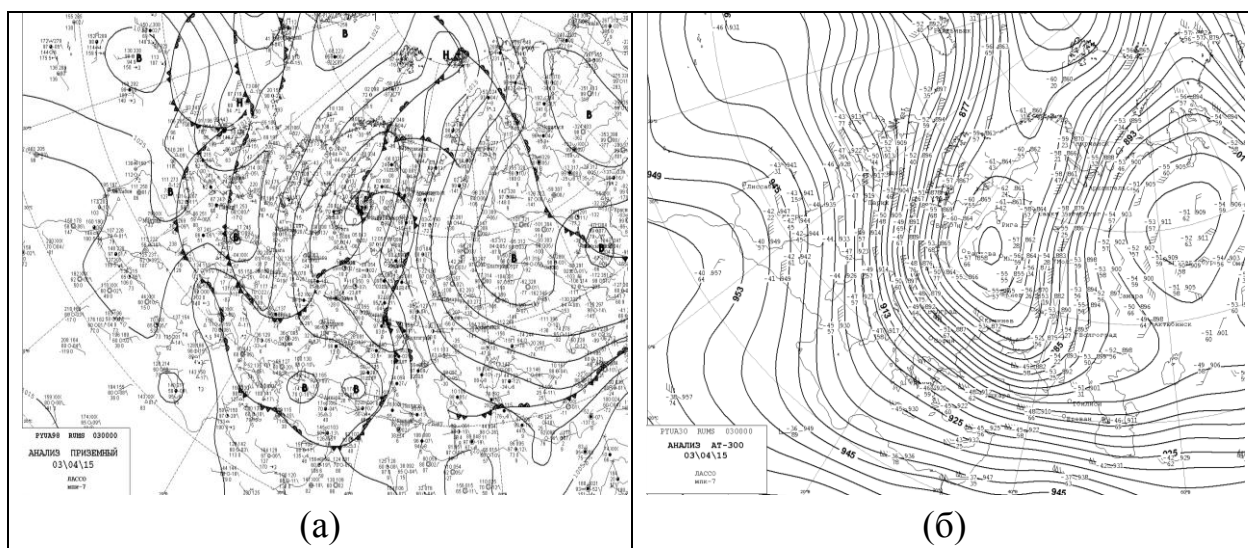


Рис. 3.28. Синоптичні карти 03.04.2015 р.: (а) – приземна карта погоди, 00 UTC; (б) - карта АТ-300, 00 UTC

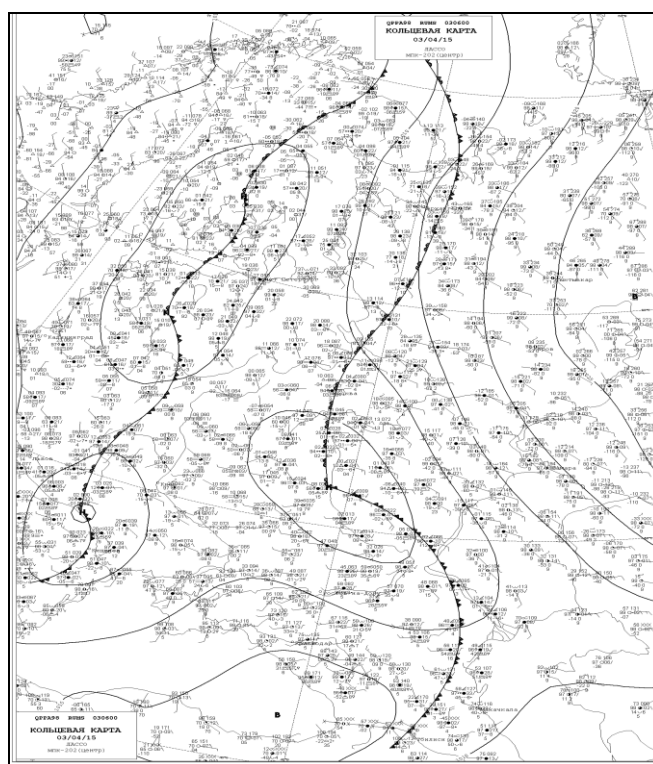


Рис. 3.29. Приземна кільцева карта погоди 03.04.2015 р., 06 UTC

Супутниковий знімок хмарності ілюструє чітку хмарну спіраль циклону, через південно-західне Причорномор'я орієнтований холодний фронт – рис. 3.30.

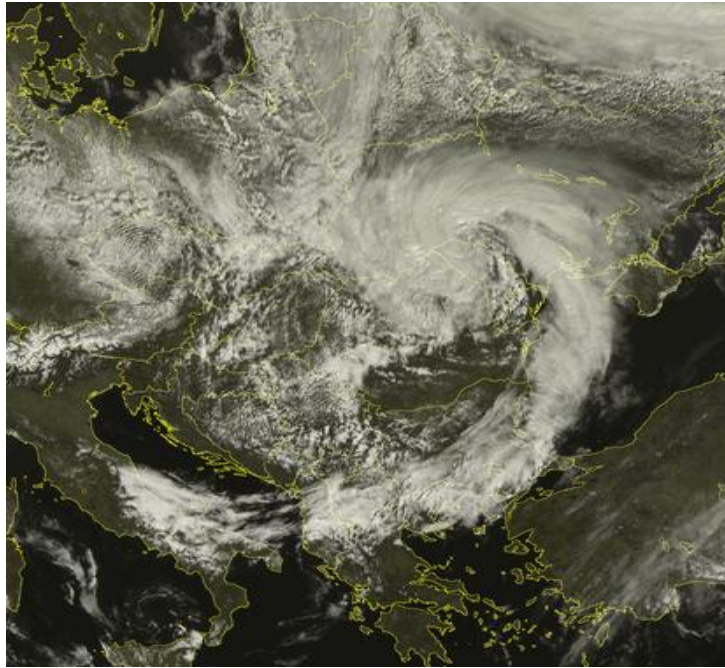


Рис.3.30. Супутниковий знімок Meteosat MSG 03.04.2015 р., 10 UTC

Посилена конвекція 7 серпня 2016 р. розвинулася у системі холодного фронту. У верхній і середній тропосфері над Італією та Балканами виділявся стаціонарний висотний поглиблений циклон, інший центр висотного вихору охоплював східну і південно-східну Україну, Північний Кавказ і східну акваторію Чорного моря (рис. 3.31).

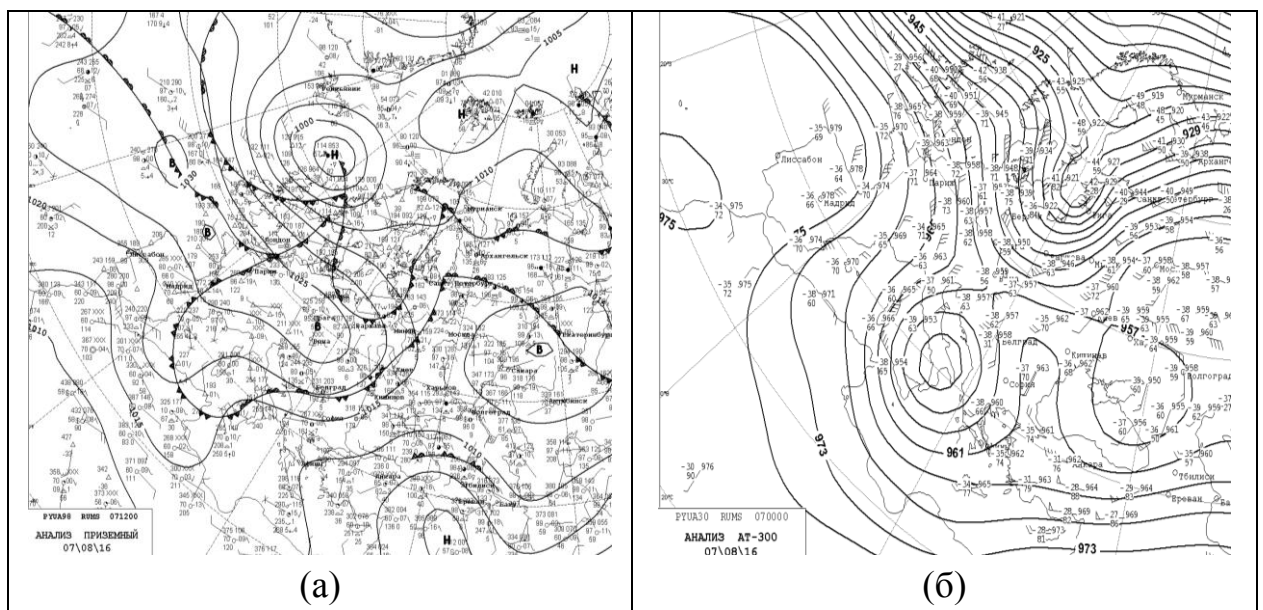


Рис. 3.31. Синоптичні карти 07.08.2016 р.: (а) – приземна карта погоди, 12 UTC; (б) - карта АТ-300, 00 UTC

При цьому біля поверхні землі баричне поле визначалося антициклонічною циркуляцією – масштабний азорський максимум охоплював переважну територію Європи і центральної Атлантики, тиск у центрі складав до 1030 гПа. Відріг антициклону поширювався на ЄТР упритул до 30° сх.д.; в районі Єкатеринбургу оформився центр антициклону з максимальним тиском до 1020 гПа. Полярний фронт з хвилями проходив меридіонально між антициклонами у смузі зниженого тиску від півдня Італії до центральної Росії. На хвилі холодного фронту і сформувався комплекс небезпечних погодних умов у післяобідні години, а саме: гроза, злива 35 мм за 1 год, сильний дощ 55 мм за 2 год. Шквал відмічався за даними Одеса ГМЦ ЧАМ в 14:00 – $26 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і на 14:35 шквал інтенсивністю $29 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Більш детальне положення фронтальної системи демонструє кільцева карта – рис. 3.32. Зазначимо, що шквал $27 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 14:10 також зафіксовано на станції Одеса АМСЦ, що супроводжувався зливовим дощем, градом і грозою. Шквали мали локальний характер і по області не відмічені, лише за даними окремих станцій спостерігалось посилення вітру до $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і грозова діяльність.

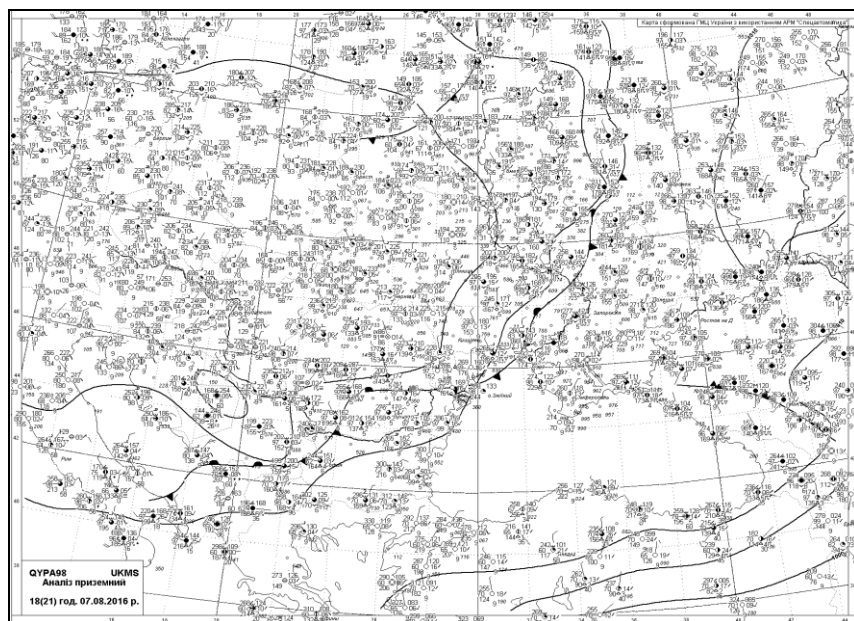


Рис. 3.32. Приземна кільцева карта погоди 07.08.2016, 18 ВСЧ

Супутниковий знімок хмарності ілюструє типовий вид лінії шквалів перед основним холодним фронтом, у розміщених паралельно фронтальній смузі хмарності конвективних осередках яскраво-білого тону округлої форми, які характерні для потужної купчасто-дощової хмарності – рис. 3.33.

На знімку також простежується вихрова структура залишкової хмарності висотного циклону над Італією та Балканами.

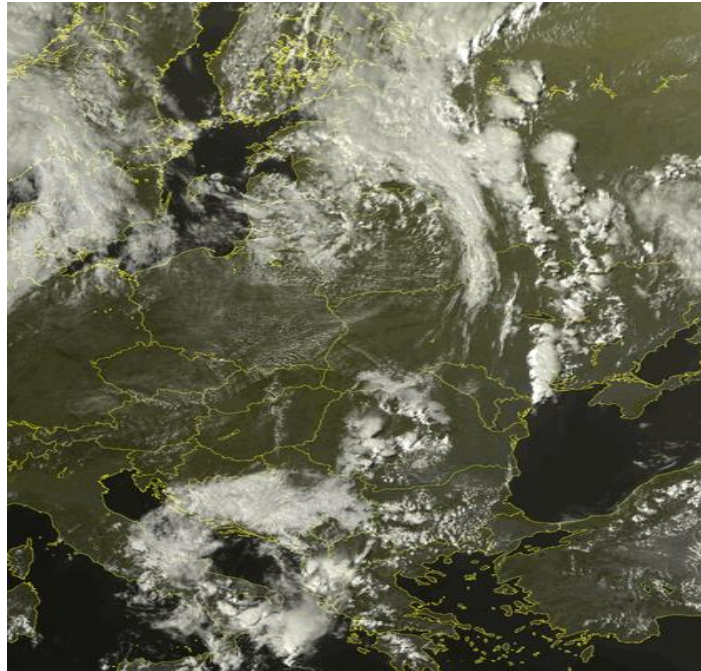


Рис. 3.33. Супутниковий знімок Meteosat MSG 07.08.2016 р., ТВ, 14 UTC

ВИСНОВКИ

В результаті дослідження процесів шквалоутворення у теплих півріччях 2013-2018 рр. отримано наступні висновки:

1. На території Одеської, Херсонської і Миколаївської областей за 6 останніх років відмічалось 89 випадків шквалів різної інтенсивності. За повторюваністю шквалів домінує Одеська область зі значною перевагою – 77%.
2. Річна повторюваність шквалоутворення виділяє 2013 р. – 31 шквал проти мінімальної частоти шквалів у 2015 р. – 5 випадків.
3. Розподіл шквалів за градаціями швидкості вітру показує, що 90% шквалів належать до категорії НМЯ І рівні небезпеки ($15-24 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), такі шквали переважали у кожному з досліджуваних років. Зареєстровано 1 випадок надзвичайного шквалу в Генічеську 29.06.2013 р. ($40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$).
4. Місячна повторюваність шквалів показує збільшення частоти явища у червні – 52%, висока повторюваність у липні -20%. У квітні, вересні і жовтні шквали спостерігалися рідко (1-3 випадки), при чому у Херсонській області у ці місяці шквалів не було.
5. Визначено повторюваність шквалів за строками спостережень. Переважають денні шквали з найвищою часткою в інтервалі строків 12-15 год. – 36% і 15-18 год. - 30%.
6. Досліджено хід метеорологічних величин при формуванні сильних і надзвичайного шквалів. Визначено типовий розподіл температури повітря при шквалах, а саме – підвищення на момент виникнення явища і зниження – після шквалу. Зміни вологості, за виключенням одного випадку (16.06.2013р.), вказують на зростання відносної вологості при шквалі до 100, або близько 100%. Розподіл атмосферного тиску за виключенням одного випадку (ст. Одеса АМСЦ 03.04.2015 р.), виділяє злам кривої ходу тиску при падінні тиску перед шквалом і зростанні після шквалу.
7. Встановлено особливості синоптичних умов утворення сильних шквалів: 4 шквали з 5 виникли у системах холодних фронтів, 1 шквал мав внутрішньомасове походження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алексеева А.А., Глушкова Н.И. Особенности развития конвективных стихийных гидрометеорологических явлений и их прогноз // Труды ГМЦ России, 2000. – Вып. 330. – С.90 – 97.
2. Бойко М.Ф. Природа Херсонської області. Фізико-географічний нарис. – Київ: Фітосоціоцентр, 1998. – 120 с.
3. Волеваха В.А., Токарь Н.Ф. Шквалы и смерчи на Украине в 1984-1985 гг. // Труды УкрНИГМИ, 1987. – Вып. 225. – С. 46-55.
4. Климат Одессы / Под ред. Л.К. Смекаловой, Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеориздат, 1986. - 174 с.
5. Климат Украины / Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – Київ. Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
6. Козявкін А.П. Миколаївщина. – Миколаїв: ПП Шамрай, 2003. – 144 с.
7. Кудрянь О.П. Супутникова метеорологія: практика нефаналізу: навчальний посібник – Одеса, «ТЄС», 2002 – С. 25 – 36.
8. Лапчева В.Ф. Условия развития зон активной конвекции со смерчами и сильными шквалами // Труды ГМЦ СССР. – 1989. – Вып.299. – С.32 – 50.
9. 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.
10. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть I - Л.: Гидрометеориздат, 1986. - 702 с.
11. Юсупов Ю.И. К вопросу об оперативном прогнозе шквалов // Тр. ГМЦ РФ – 2008. – Вып.342. – С.55 – 78.
12. <http://mycity.kherson.ua/pryroda/klimat.html>
13. <https://ru.climate-data.org/европа/украина/одесская-область-583/>
14. <https://ru.climate-data.org/европа/украина/николаевская-область-601/>
15. <http://old.wetterzentrale.de/topkarten/fssatms1.html>
16. https://rp5.ru/Погода_в_Одессе,_Украина

Додаток А
Вихідні дані

Таблиця А.1 – Повторюваність шквалів на півдні України у тепле півріччя 2013-2018 рр.

Дата/ час	Станція	Характеристики шквалів	
		швидкість вітру, м·с ⁻¹	явища погоди
1	2	3	4
20.05.2013 18:52	Болград (Одеська обл.)	17	шквал
24.05.2013 11:52	Усть-Дунайськ (Одеська обл.)	16	шквал
31.05.2013 19:07	Одеса	31	шквал, гроза
31.05.2013 19:55	Роздільна (Одеська обл.)	25	шквал, гроза
31.05.2013 20:46	Затишшя (Одеська обл.)	20	шквал, гроза
31.05.2013 21:23	Сербка (Одеська обл.)	19	шквал, гроза
14.06.2013 15:40	Одеса	16	шквал, зливовий дощ, гроза
14.06.2013 16:16	Роздільна (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
14.06.2013 15:13	Паромна переправа (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
14.06.2013 19:03	Затишшя (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
14.06.2013 16:15	Миколаїв	17	шквал, гроза
15.06.2013 17:11	Вилково (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
16.06.2013 12:40	Порт Південний (Одеська обл.)	20	шквал, гроза
16.06.2013 13:41, 13:45	Одеса АМСЦ	26, 20	шквал, гроза, зливовий дощ
16.06.2013 13:54	Чорноморськ (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
16.06.2013 15:15	Затишшя (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
22.06.2013 18:49	Роздільна (Одеська обл.)	15	шквал, гроза, злива
22.06.2013 16:15	Любашівка (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
23.06.2013 13:29	Любашівка (Одеська обл.)	15	шквал, гроза

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
23.06.2013 14:30	Сербка (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
27.06.2013 15:11	Сербка (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
27.06.2013 16:36	Любашівка (Одеська обл.)	20	шквал, гроза
29.06.2013 12:28	Генічеськ (Херсонська обл.)	40	шквал, гроза
29.06.2013 15:13	Н.Сірогози (Херсонська обл.)	15	шквал, гроза, зливовий дощ
29.06.2013 17:25	Херсон	17	шквал, гроза
05.07.2013 13:40	Баштанка (Миколаївська обл.)	18	шквал, гроза
20.07.2013 09:44	Любашівка (Одеська обл.)	20	шквал, гроза, злива, град 16 мм
20.07.2013 11:32	Сербка (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
20.07.2013 13:05	Іллічівськ (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
05.09.2013 10:36	Бехтери (Херсонська обл.)	15	шквал, зливовий дощ
Всього за 2013 р.	31		
07.06.2014 14:51	Н. Сірогози (Херсонська обл.)	21	шквал, гроза
07.06.2014 15:57	Одеса	20	шквал, гроза
07.06.2014 16:17	Порт Південний (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
07.06.2014 16:23	Чорноморськ (Одеська обл.)	15	шквал, гроза
07.06.2014 16:28	Паромна переправа (Одеська обл.)	20	шквал
08.06.2014 15:16	Чорноморськ (Одеська обл.)	12	шквал, гроза
08.06.2014 16:39	Порт Південний (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
24.06.2014 13:10	Сербка (Одеська обл.)	16	шквал, гроза
26.06.2014 14:25	Генічеськ (Херсонська обл.)	16	шквал, гроза
07.07.2014 10:25	Ізмаїл (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
18.07.2014 14:43	Сербка (Одеська обл.)	19	шквал, гроза
20.07.2014 15:50	Сербка (Одеська обл.)	17	шквал
23.07.2014 12:21	Н. Сірогози (Херсонська обл.)	15	шквал

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
23.07.2014 18:21	Бехтери (Херсонська обл.)	18	шквал, гроза, злива, град 6 мм
24.07.2014 06:52	Одеса АМСЦ	16	шквал, гроза, злива
24.07.2014 11:55	Вознесенськ (Миколаївська обл.)	18	шквал, злива, гроза
21.08.2014 22:10	Паромна переправа (Одеська обл.)	20	шквал
21.08.2014 22:12	Чорноморськ (Одеська обл.)	15	шквал
24.08.2014 13:30	Вилково (Одеська обл.)	22	шквал, гроза
Всього за 2014 р.	19		
03.04.2015 12:42	Одеса АМСЦ	37	шквал, гроза, зливовий дощ, град 11 мм
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
05.09.2015 16:10	Первомайськ (Миколаївська обл.)	20	шквал, злива, гроза
Всього за 2015 р.	5		
06.06.2016 11:28	Чорноморськ (Одеська обл.)	14	шквал, гроза
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 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
02.08.2016 16:10	Роздільна (Одеська обл.)	19	шквал, гроза, град 5 мм, 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 14:10	Одеса АМСЦ	27	шквал, гроза, злива, град 7 мм
07.08.2016 14:30	Одеса	29	шквал, злива 35/1, сильний дощ 55/2, гроза
29.08.2016 21:55	Генічеськ (Херсонська обл.)	16	шквал, гроза
Всього за 2016 р.	12		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
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
20.06.2017 15:11	Б.Дністровський (Одеська 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
27.06.2017 22:35	Затишшя (Одеська обл.)	19	шквал, гроза
03.07.2017 23:54	Одеса АМСЦ	22	шквал, гроза
28.07.2017 12:58	Любашівка (Одеська обл.)	19	шквал, гроза, град 34 мм
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
Всього з 2017 р.	11		
07.05.2018 15:20	Сарата (Одеська обл.)	17	шквал, гроза
06.06.2018 10:24	Нова Каховка (Херсонська обл.)	18	шквал, злива, гроза
28.06.2018 21:53	Одеса	18	шквал, злива, 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
13.07.2018 11:20	Вилково (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
28.07.2018 15:01	Первомайськ (Миколаївська обл.)	20	шквал, гроза, злива, град ø 12 мм
06.09.2018 05:00	В.Олександрівка (Херсонська обл.)	15	шквал, гроза, злива, град 6 мм
24.09.2018 13:52	Одеса АМСЦ	22	шквал, злива, гроза
24.09.2018 14:38	Сербка (Одеська обл.)	18	шквал, гроза
24.10.2018 12:23	Сербка (Одеська обл.)	21	шквал
Всього з 2018 р.	11		