

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Метеорологічні та синоптичні умови виникнення шквалів на території Одеської області

Виконал студент групи МКА-18
Спеціальності 103 «Науки про Землю»

Продан Вадим Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник канд. геогр. наук , доцент
Агайар Елліна Вікторівна

Консультант _____

Рецензент канд. геогр. наук , доцент
Вольвач Оксана Василівна

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут _____
Кафедра метеорології та кліматології _____
Рівень вищої освіти бакалавр _____
Спеціальність 103 «Науки про Землю» _____
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

« 02 » березня 2022 року



З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Продан Вадиму Олеговичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метеорологічні та синоптичні умові виникнення шквалів на території Одеської області _____

керівник роботи канд. геогр.наук, доцент Агайар Елліна Вікторівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від « 21 » грудня 2021 року № 267 – С

2. Строк подання студентом роботи 9 червня 2022 року _____

3. Вихідні дані до роботи 1. Дані штормових попереджень ГМЦ ЧАМ та щоденників погоди щодо випадків зі шквалами на території Одеської області за період з 2015 по 2020 рр.; 2. Дані сайту European Severe Weather Database; 3. Синоптичні карти з архіву АРМсін та бази даних Wetterzentrale 4. Аеросиноптичні матеріали за 7 серпня 2016 р. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд сучасних літературних джерел за темою дослідження 2. Аналіз просторово-часового розподілу шквалів на території Одеської області з 2015-2020 рр. 3. Визначення найбільш ймовірних синоптичних процесів, що формують шквали на Одещині. 4. Аналіз синоптичних умов утворення шквалу в Одеської області 7 серпня 2016 р. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Рис. 1.1 – Повторюваність (%) шквалу за період 1986 -2005 р.р.; Рис. 2.1- Географічне розташування Одеської області; Рис. 2.2-2.4 Характеристики грозової хмари; Рис. 3.1-3.5– Повторюваність (%) шквалу в Одеської області; Рис. 3.6 - 3.16 – Аеросиноптичні дані за 7 серпня 2016 р. _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Вивчення літературних джерел за темою дослідження	02.03.2022 р. – 07.03.2022 р	90	5 (відмінно)
2.	Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження	08.03.2022 р. – 10.03.2022 р	90	5 (відмінно)
3.	Аналіз повторюваності випадків зі шквалами на території Одеської області у період 2015-2020 рр.	11.03.2022 р. – 15.03.2022 р	90	5 (відмінно)
4.	Оценка циркуляційних умов утворення шквалу на Одещині 7 серпня 2016 р.	16.03.2022 р. – 20.03.2022 р	90	5 (відмінно)
5.	Рубіжна атестація	16.05.2022 р.- 20.05.2022 р.	90	5 (відмінно)
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	24.05.2022 - 09.06.2022 р.	90	5 (відмінно)
7.	Перевірка роботи на плагіат, складання протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	10.06.2022 р.- 11.06.2022 р	90	-
8.	Підготовка презентаційного матеріалу захисту	12.06.2022 р.- 15.06.2022 р.	90	-
9.	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	90	5 (відмінно)

Студент

(підпис)

Продан В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Агайар Е. В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальна характеристика процесів формування шквалів над Україною	5
1.1 Просторово-часовий розподіл шквалів над Україною	5
1.2 Критерії шквалів.	11
2 Умови утворення шквалів	12
2.1 Географічний та кліматичний опис регіону дослідження	12
2.2 Метеорологічні умови утворення шквалів.....	14
2.3 Синоптичні умови формування шквалів.....	17
3 Особливості виникнення шквалів на території Одеської області.....	19
3.1 Повторюваність шквалів на Одесщині у 2015-2020 рр.....	19
3.2 Циркуляційні атмосферні процеси у період розвітку шквалу на досліджуваній території.....	24
3.3 Аналіз синоптичних умов утворення шквалу в Одеської області 7 серпня 2016 р	27
Висновки	37
Перелік посилань.....	38

ВСТУП

Особливості географічного положення півдня України, синоптичних процесів і різноманітність кліматичних умов сприяють частому виникненню небезпечних конвективних явищ (НКЯ) і створюють надзвичайну складність розподілу їх у просторі та часі. До НКЯ відносяться такі метеорологічні явища, як шквал, град, грози, зливи та смерч. За останні роки у зв'язку зі значними змінами клімату частота виникнення цих явищ збільшилася. В окремих випадках вони мають катастрофічний характер та завдають значних збитків економіці, інфраструктурі та населенню [1, 11, 12].

Небезпечні конвективні явища, зазвичай, спостерігаються у комплексі, що значно підсилює їх негативний вплив: зливові дощі супроводжуються шквалом, грозою та градом. За останні десятиріччя XX та на початку XXI ст. відмічається тенденція до збільшення частоти стихійних метеорологічних явищ на території України через глобальні зміни великомасштабної циркуляції атмосфери, тому питання виявлення умов формування небезпечних погодних явищ над різними районами України зберігає актуальність [2, 6, 8].

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є визначення просторово-часової закономірності утворення шквалу на території Одеської області з 2015 по 2020 рр. та аналіз метеорологічних та синоптичних умов виникнення шквалу 7 серпня 2016 року Одещині.

В якості вихідного матеріалу в роботі використані дані штормових попереджень ГМЦ ЧАМ, дані сайту European Severe Weather Database [14], база даних Wetterzentrale [15], синоптичні карти архіву АРМсін, щодо виявлення синоптичного процесу, якій обумовил формування сильного шквалу 7 серпня 2016 року.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на кафедрі метеорології та кліматології під керівництвом канд. геогр. наук., доцента Агайар Е. В.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ШКВАЛІВ НАД УКРАЇНОЮ

1.1 Просторово-часовий розподіл шквалів над Україною

Вітер – одна з основних та мінливих характеристик стану атмосфери, яка значно впливає на умови життя та господарську діяльність. Нерідко сильний вітер приносить збитки, руйнує будівлі, призводить до переносу снігу і нерівномірного розподілу його на території. Дія вітру може бути корисною: він виносить із населених пунктів забруднені речовини, пил, сприяє запиленню рослин, зменшує літню спеку. Урахування і оцінка вітрового потенціалу території необхідні для використання у вітроенергетиці та інших галузях економіки [4].

До небезпечних стихійних явищ пов'язаних з вітром відносяться: вітер і шквали – максимальна швидкість 25 м/с і більше, на високогір'ї Карпат та в гірських районах Кримського півострова (Плай, Пожежевська, Ай-Петрі, Ангарський перевал) – 40 м/с і більше. На Україні сильний вітер спостерігається головним чином в холодний період року з максимумом в січні (23%), майже така ж його повторюваність ранньою весною (22%) і пізньою осінню (19%). Сильний вітер, піднімаючи в повітря пил і сніг, збільшує навантаження на проводи, висотні споруди, погіршує видимість і тим самим ускладнює рух транспорту. При сильному вітрі відбувається інтенсивне випаровування, що різко знижує вологість ґрунту.

Особливості географічного положення України, синоптичних процесів і різноманітність кліматичних умов сприяють частому виникненню стихійних метеорологічних явищ (СМЯ) і створюють надзвичайну складність розподілу їх у просторі та часі. За останні роки у зв'язку зі значними флуктуаціями клімату частота екстремального стану погоди збільшилася. В

окремих випадках стихійні метеорологічні явища мають катастрофічний характер та завдають значних збитків економіці та населенню. СГЯ, зазвичай, спостерігаються у комплексі, що значно підсилює їх негативний вплив: зливові дощі супроводжуються штормовим вітром, грозою, градом; хуртовини – снігопадом і сильним вітром, відкладенням мокрого снігу, обледенінням; пилові бурі – посиленням вітру та погіршенням видимості тощо [1, 4].

Певних закономірностей в просторовому розподілі шквалонебезпечних ситуацій для території України не виявлено, хоча вони можуть створюватися майже щорічно (імовірність 77%). Шквали часто призводять до катастрофічних наслідків, які завдають збитків насамперед сільськогосподарському виробництву та спричиняють полягання зернових посівів, поломку дерев, іноді руйнують споруди і обривають лінії електропередач, призупиняють будівельні роботи [1, 3, 4].

Шквал – це короткочасне різке збільшення швидкості вітру, що утворюється у купчасто-дощових хмарах, супроводжується зміною напрямку вітру та спостерігається під час гроз і злив. Під час шквалу ламаються дерева, знищуються сільськогосподарські культури, руйнуються будівлі, іноді навіть можливі людські жертви. Повторюваність шквалів в Україні має чітко виражений річний хід (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Повторюваність шквалів на території України за рік

Інтенсивність шквалу	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сильний	1	1	6	5	6	21	29	12	8	7	3	1
Помірний	2	1	5	5	12	24	24	14	6	4	2	1
Слабкий	1	1	2	4	12	27	27	17	3	3	2	1

Найбільш шквало-небезпечним регіоном є південь (зокрема, Одеська область) – понад 6 шквалів у середньому за рік. У Херсонській області та в Криму їх дещо менше (4-6), на крайньому заході (Львівська і Волинська області) – від 2 до 4, у центральних і північних областях та на сході – менше 2 [5].

Шквал є переважно локальним явищем, тому окремими метеорологічними станціями фіксується досить рідко. У багатьох пунктах він взагалі не відмічається. Зона шквалу зазвичай займає незначну площу і найчастіше (близько 70%) відмічається в одному пункті, лише у 1% випадків шквал фіксується у 5-ти і більше пунктах.

За період з 1986 до 2005 рр. зафіксовано 121 випадок зі шквалом. У середньому за рік спостерігається 6 шквалів. Проте частота їх із року в рік зазнає значних коливань: від 2 випадків у 1990, 1992, 2005 рр. до 13 у 2000 році [8].

Найчастіше повторюваність шквалу у Дніпропетровській (16 випадків), Одеській (14 випадків), Хмельницькій (13 випадків), Київській (12 випадків) областях. У (81%) шквал відмічається в один і той же день в одній області, з 9 %-ою ймовірністю – у двох областях.

Інколи (1%) шквал може охоплювати 4 області. Шквалова ситуація характеризується невеликими масштабами і має вигляд окремих локальних осередків, зосереджених переважно у західних областях, але можливих і у північних, південних та східних. Так, шквал 13 серпня 1992 р. відмічався у північних (Чернігівська, Сумська, Київська) областях (табл. 1.2).

Найбільша повторюваність шквалів в Одеській області в період з 1986 по 2005 р.р. становила 10 % і відзначалася у липні. А мінімальна повторюваність цих процесів зафіксована у червні та січні, по 4 %, відповідно. Шквал може спостерігатися на всій території України (рис. 1.1).

У зв'язку з тим, що формування СМЯ надзвичайно мінливе у часі та просторі, в міру накопичення метеорологічної інформації необхідно постійно її уточнювати. Наприклад, за період 2006 - 2010 рр. відбулося збільшення

стихійних метеорологічних явищ пов'язаних з вітром території України, практично вдвічі з 26 до 43 %, в порівнянні з попереднім періодом 2001 по 2005 рр. Найбільше шквалів відзначено в 2008 році - 11 випадків. Проте, з

Таблиця 1.2 – Повторюваність (%) шквалу в один і той же день на території кількох областей [8]

Кількість областей			
1	2	3	4
81,3	8,9	8,9	0,9

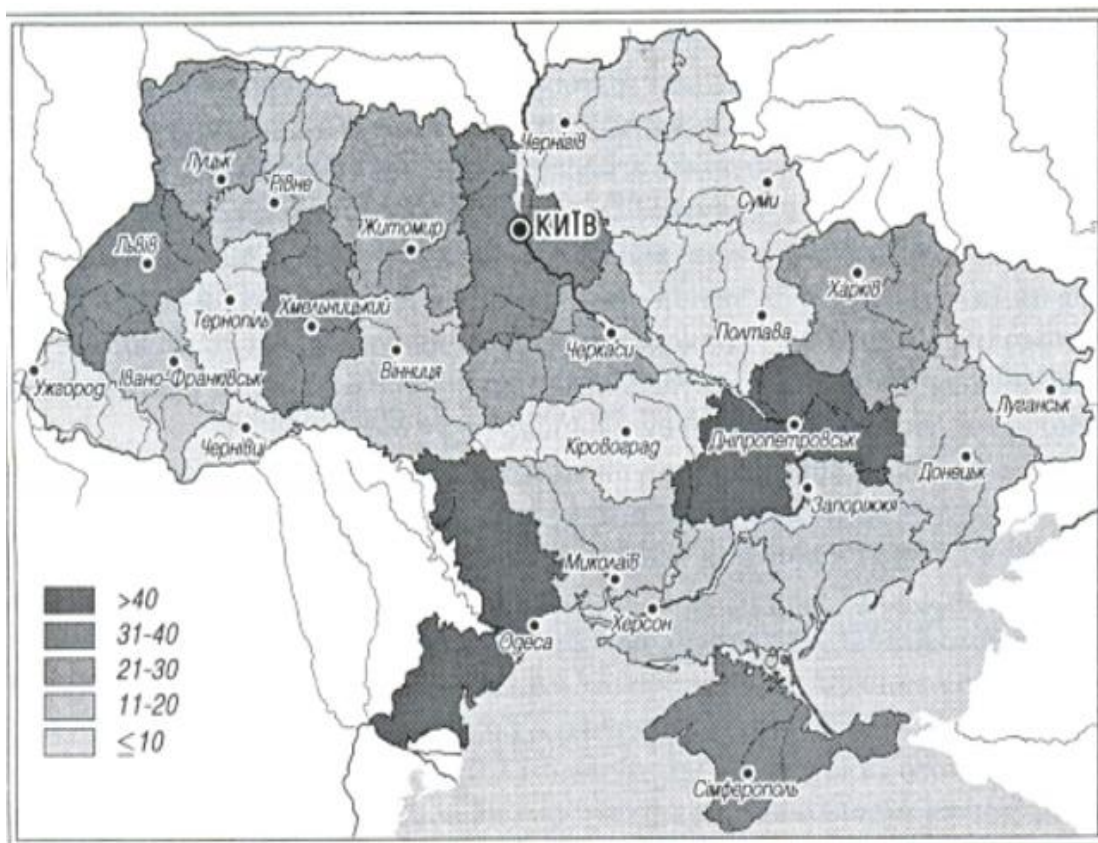


Рисунок 1.1 – Повторюваність (%) шквалу за період 1986 -2005 р.р. [8]

1996 по 2000 роки в Україні також відзначено велику кількість шквалових ситуацій – 44 випадка, за даними стандартних спостережень (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Кількість випадків стихійних метеорологічних явищ,
що пов'язані з вітром за окремі періоди над Україною [6, 8]

Явище	1986- 1990	1991- 1995	1996- 2000	2001- 2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006- 2010
Сильний вітер	40	71	109	91	13	15	19	18	22	87
Шквал	26	25	44	26	7	10	11	7	8	43

У табл. 1.4 наведено дані про кількість пунктів, де спостерігалися стихійні метеорологічні явища пов'язані з вітром за окремі роки і п'ятиріччя, загалом по Україні.

Таблиця 1.4 - Кількість пунктів, охоплених стихійними метеорологічними явищами в окремі роки і п'ятиріччя на території України [6, 8]

Явище	1986- 1990	1991- 1995	1996- 2000	2001- 2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006- 2010
Сильн. вітер	125	216	190	215	19	101	49	36	38	243
Шквал	58	39	63	28	8	11	12	7	8	46

У період з 1986 до 2010 рр. було зафіксовано 398 випадків лише сильного вітру Його було зареєстровано у 989 пунктах у середньому за рік він спостерігався в 40 пунктах. Прояв цього явища збільшується майже на один випадок у рік.

Якщо враховувати всю вітрову діяльність в комплексі (шквал, смерч, пилова буря, а в холодний період і сильна хуртовина), то за досліджуваний період всього зафіксовано 830 випадків, пов'язаних із сильним вітром, або 27% від загальної їх кількості. У середньому за рік їх відмічається 33 випадки

на території 1730 пунктів, або 25% від загальної кількості пунктів, охоплених стихійними метеорологічними явищами.

Сильний вітер і явища, з ним пов'язані, відмічаються в усіх областях. Велике значення мають дані про максимальну швидкість вітру. Просторовий розподіл цього показника за рік має плямистий характер. Виділяються окремі райони зі значною швидкістю вітру (понад 40 м/с): крайня північ, північний схід, на південь від лінії Гайворон – Лошкарівка – Дебальцеве. Таку швидкість вітру зафіксовано на Волинській і Подільській височинах і в Передкарпатті, дещо зменшується максимальна швидкість (до 30–35 м/с) у центральних районах, на крайньому півдні і північному заході. Особливий режим відмічається в Українських Карпатах і Кримських горах, де на відкритих підвищених ділянках зафіксована максимальна швидкість вітру до 45 м/с, на Закарпатській низовині вона становить 20–25 м/с. Повторюваність такої швидкості вітру у зимові місяці становить 10–20%, у літні 4–5% і спостерігається під час проходження холодних фронтів і циклонів.

Шквал зафіксовано у 164 випадках, або 5% від загальної кількості явищ та в 234 пунктах (3%). У середньому за рік буває 7 випадків шквалу у 9 пунктах на території всіх областей. За 25-річний період відбулося деяке збільшення частоти шквалу [8].

Повторюваність шквалу має чітко виражений річний хід. Над сушею шквали спостерігаються з квітня по серпень у південних районах, але іноді вони відмічаються у березні та вересні. Над теплими морями шквали спостерігаються і взимку, вони розвиваються у нестійко стратифікованих холодних повітряних масах, а також при проходженні холодних фронтів. 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. Шквал найчастіше виникає у другій половині дня (о 15 – 18 год), коли конвективна хмарність досягає найбільшого розвитку і термодинамічна енергія нестійкості максимальна. Майже з однаковою повторюваністю шквал спостерігається о 12 – 15 та 18 –

21 год, коли конвекція також досить інтенсивна. Подібна закономірність у добовому ході спостерігається у більшості регіонів. Для південного регіону характерна підвищена частота шквалу о 0 – 6 год [8].

1.2 Критерії шквалів

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 20-40 м/с. За визначенням ВМО (1962) - це збільшення швидкості вітру більше ніж на 8 м/с протягом декількох (від 3 до 20) секунд зі збереженням мінімальної швидкості вітру 11 м/с протягом однієї хвилини. Шквали досягають градації небезпечних явищ погоди (НЯ), коли швидкість вітру досягає 25 м/с і більше, нерідко завдають величезної шкоди, а іноді призводять до загибелі людей [1].

Відповідно до Настанови з метеорологічного прогнозування [7], щодо критеріїв швидкості вітру при шквалі виділяють:

- НМЯ (небезпечні метеорологічні явища) I рівня небезпеки – шквал 15-24 м/с;
- СМЯ (стихійні метеорологічні явища) II рівня небезпеки – сильний шквал 25-34 м/с;
- СМЯ III рівня небезпеки – надзвичайний шквал ≥ 35 м/с.

З метою кращого сприйняття попереджень про загрозу виникнення метеорологічних явищ впроваджено кольорове позначення: НМЯ I-жовтий, СМЯ II-помаранчевий, СМЯ III-червоний. Для позначення відсутності метеорологічних явищ I-III рівнів небезпечності слід використовувати зелений колір.

2 УМОВИ УТВОРЕННЯ ШКВАЛІВ

2.1 Географічний та кліматичний опис регіону дослідження

Одеська область є найбільшою за територією областю України, яка знаходиться на південному заході країни. На північ та схід від неї розташовані Вінницька, Кіровоградська та Миколаївська області, на південь та захід – Румунія та Молдова, а південний захід Одещини є узбережжям Чорного моря, (рис. 2.1), також до складу області входить острів Зміїний [5].

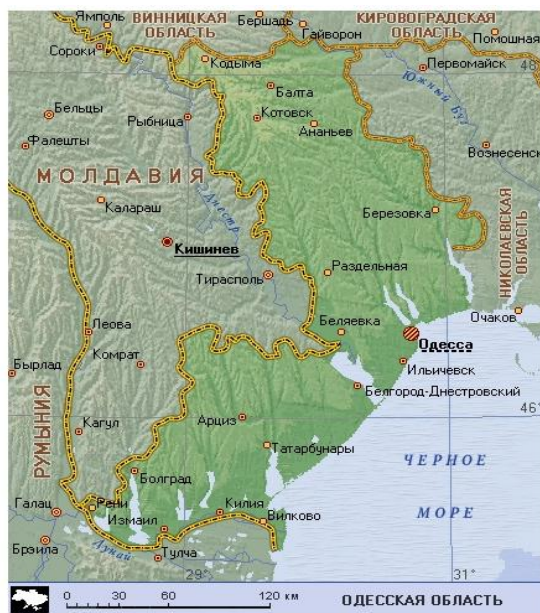


Рисунок 2.1 – Географічне розташування Одеської області

Одеську область було утворено 27 лютого 1932 року, коли ЦВК СРСР затвердив постанову IV позачергової сесії ВУЦВК від 9 лютого 1932 року про створення на території України п'яти областей. У 1954 році до її складу увійшла територія колишньої Ізмаїльської області (територія від Дністровського лиману до річки Дунай).

На півночі Одеська область межує з Вінницькою та Кіровоградською, на сході – з Миколаївською областями, на заході – з Молдовою, а на південному заході – з Румунією. Всього в межах області пролягає 1362 кілометри державного кордону України. Площа Одеської області становить 5,5 % території України.

Геополітичне розташування Одещини обумовлене як вигідним транспортно-географічним розміщенням, так і зростаючою активізацією її участі у великих європейських міжрегіональних організаціях — Асамблеї європейських регіонів і Робітничої співдружності придунайських країн. Будучи частиною морського фасаду країни, Одеська область значною мірою сприяє активній участі України в роботі країн-членів Чорноморського економічного співробітництва.

Клімат Одеської області, особливо південної частини, посушливий, тому тут майже 10 % оброблюваних земель зрошуються. Тепле море, лікувальні грязі, мінеральні води, морські пляжі створюють винятково високий рекреаційний потенціал Одещини. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні розташовані високо цінні й унікальні природні комплекси, водно-болотні угіддя, екосистеми, що формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне, глобальне значення.

Північна частина області розташована у лісостеповій зоні України, середня і південна – у степовій. У ґрунтовому покриві переважають звичайні і південні чорноземи. Лісів мало, більш-менш площі займають вони в лісостеповій зоні. Клімат переважно теплий і посушливий. Середньорічна температура тут коливається від $+7,7^{\circ}$ – на півночі області до $+11,1^{\circ}$ – на півдні. Безморозний період триває від 170 до 210 діб. Річна кількість опадів – від 350 мм на півдні до 460 мм на півночі. Природні умови сприятливі для вирощування найцінніших сільськогосподарських культур: озимої пшениці, кукурудзи, ячменю, проса, соняшнику. В північній і центральній частинах

області добре ростуть цукрові буряки, в південній частині широко розвинуто виноградарство.

Одеська область є найбільш шквалонебезпечним районом (як і Дніпропетровська область) на території України. Шквалоутворення – процес дуже складний і мінливий у часі. Внаслідок локальності цього явища він досить рідко фіксується метеорологічними станціями, а у багатьох пунктах взагалі не відмічається. Тому доцільно проводити осереднення для певних територій щоб отримати повне уявлення про просторовий розподіл шквалу.

2.2 Метеорологічні умови утворення шквалів

Шквал, як і інші небезпечні конвективні явища, пов'язаний із зонами активної конвекції, утворюється внаслідок складної взаємодії атмосферних процесів макро-, мезо- та мікромасштабів. До макропроцесів відносяться характерні синоптичні ситуації, що сприяють утворенню шквалу: до мезопроцесів – конкретні ділянки атмосферних фронтів, лінії нестійкості, мезомасштабні конвективні комплекси; до мікропроцесів – параметри окремих частин конвективних хмар, фазовий стан хмарних часток тощо. Виникнення шквалів спостерігається в тих районах, де атмосфера біля земної поверхні стратифікована нестійко, відмічається конвергенція повітряних потоків і вологість повітря досить значна. Як правило, шквали мають локальний характер, це окреме явище, рідко вони можуть супроводжувати один одного у певному районі [1, 13].

Виникнення шквалів пов'язано з купчасто-дощовими хмарами (Cb). У передній частині Cb спостерігаються сильні висхідні рухи повітря, а у тилівій – сильні низхідні рухи (рис. 2.2). Останні обумовлені охолодженням повітря, опадами, особливо при випадінні граду. У зоні протилежних рухів повітря створюється "шкваловий коловорот (комір)" – вихор з

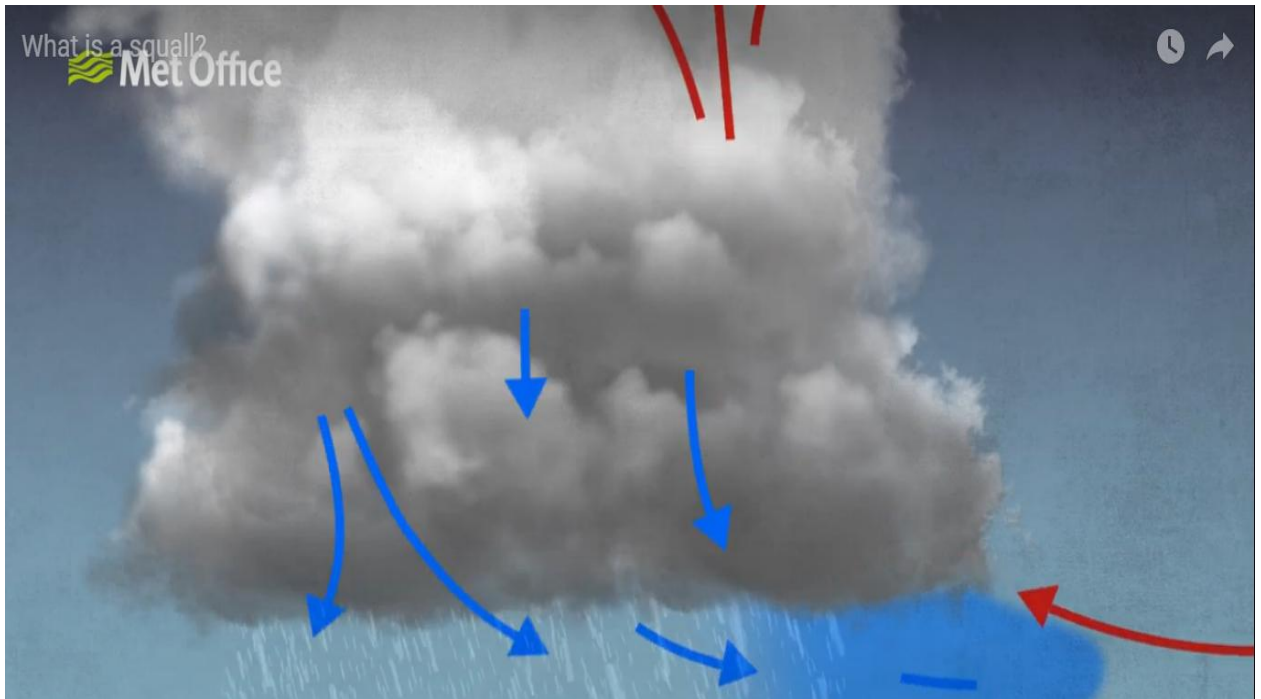


Рисунок 2. 2 – Схема повітряних потоків при утворенні шквалу [1]

горизонтальною віссю. Цей вихор з'являється звичайно поперед Сб, за 1...2 км до суцільної завіси дощу, на висоті 500...600 м або нижче. У результаті при проходженні Сб виникає шквал. Шквал зазвичай фіксується одночасно з різними явищами конвективного походження. Під час шквалу найчастіше спостерігається зливовий дощ з грозою, причому це найхарактерніше для сильних шквалів, коли досить часто ці явища поєднуються з градом, а слабкі шквали характеризуються підвищеною повторюваністю зливових дощів (рис. 2.3-2.4).

У теплий період року під час шквалу спостерігається різка зміна метеорологічних величин у приземному шарі атмосфери. Тиск повітря під час слабких та помірних шквалів аналогічний і найчастіше має значення, які є характерними для теплого періоду взагалі. Під час сильних шквалів тиск повітря менший, ніж під час слабких та помірних. Перед шквалом майже завжди тиск різко падає, при появі шквалу - різко зростає. Зростання тиску за фронтом у районі виникнення шквалів складає 3...5 гПа за 3 год. Після

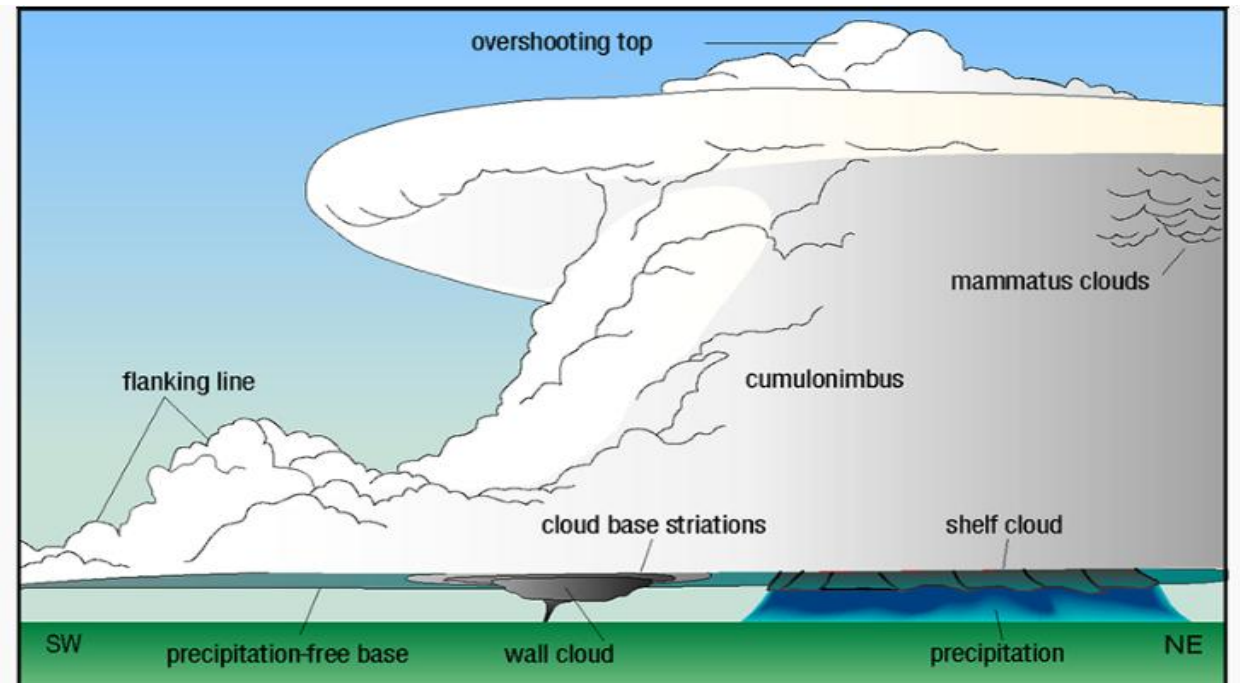


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення грозової хмари [1]



A - тилова частина, B - смуги, що вказують на сильний обертовий висхідний потік, C - мезоциклон, D- хвостова хмара, E - хмарна стіна, F – торнадо.

Рисунок 2.4 – Характеристики грозової хмари [1]

закінчення шквалу та припинення зливи тиск падає знову приблизно на протязі години ("грозовий ніс").

Шквал виникає у досить широкому діапазоні температури повітря. Максимальна температура теплого повітря перед фронтом звичайно досягає позначки 30 °С, часто підвищується до 35...38 °С. При шквалі температура повітря різко знижується, а після його припинення може зростати, але залишається більш низькою, ніж температура повітря до шквалу. Контрасти температури на холодному фронті у випадках коли формується шквал над сушею, часто дорівнюють 8...10 °С та більше. Діапазон повторюваності температури ґрунту ще ширший, максимум припадає на 25 – 30 °С, у східних і південних областях температура інколи досягала майже 60 °С [1].

2.3 Синоптичні умові формування шквалів

Виникнення шквалу тісно (78%) пов'язане з атмосферними фронтами, а в решті випадків - з внутрішньомасовими процесами. Здебільшого це малорухомі квазімеридіонально орієнтовані fronti, розташовані в улоговинах, які поступово переміщуються із заходу на схід. На них зазвичай утворюються хвилі, що у свою чергу сприяє розвитку конвекції і, як наслідок, виникненню шквалу. 10...15% шквалів зафіксовано на вторинних фронтах і в депресіях, що заповнюються, 3...5% випадків – у термічно однорідній повітряній масі. Найбільш небезпечні фронтальні шквали виникають частіше за все у смузі найбільш розвиненої конвективної нестійкості в теплому секторі циклону попереду холодного фронту. Передній край цієї смуги шириною 50...100 км має назву лінії нестійкості [1, 4].

Внутрішньомасові шквали пов'язані з хмарами Сb, які виникають при суто термічній конвекції або при термодинамічній конвекції у холодній

нестійкій повітряній масі в тилу циклону. Шквал переміщується разом з купчасто-дощовою хмарою, тому у межах певної смуги, за останнім, формується так званий "слід" шквалу. В Україні шквали найчастіше (40%) виникають у баричних улоговинах, які в основному спрямовані з півночі, північного заходу чи північного сходу. Значна їх повторюваність також у розмитих баричних полях. У зонах високого тиску (антициклон, гребінь) неодмінною умовою виникнення шквалу є наявність атмосферного фронту. Щодо висотного баричного поля, то найбільшу повторюваність має також улоговина.

Синоптичні умови, що сприяють розвитку шквалів:

1. Вершини хвильових збурень на фронтах і зони холодних фронтів, що переміщуються зі швидкістю $30\ldots 40 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ та більше.
2. Стаціонарні та малорухомі холодні fronti із хвильовими збуреннями.
3. Фронти оклюзії при їх переміщенні зі швидкістю $20\ldots 30 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.
4. Малоградієнтні області низького або високого тиску.
5. Області невеликих баричних улоговин та теплі сектори циклонів.
6. Південні, південно-західні та західні периферії розлогих, малорухомих антициклонів при значній нестійкості теплої повітряної маси та денних температурах, які досягають $28\ldots 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, при точці роси $10\ldots 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ та масовій частці водяної пари $\geq 10 \text{ \%}$.

Інформація з метеорологічних штучних супутників Землі може бути використана для прогнозу шквалів з упередженістю до 36 годин. Аналіз знімків супутників за денний або вечірній час попередньої доби дозволяє вирішити питання: чи відмічалися у попередню добу на синоптичному об'єкті (наприклад, на фронті) конвективні хмари, які наближаються до пункту (району) прогнозу [1,4].

3 ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ШКВАЛІВ НА ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Повторюваність шквалів на Одесщині у 2015-2020 рр.

У роботах [6, 8, 9], наведено узагальнення стихійних метеорологічних явищ, зокрема шквалу, на території України за період 1986-2005 рр., та за період з 2006 по 2020 для території Північно-Західного Причорномор'я. Для вивчення динаміки шквалоутворення в Одеській області та вивчення змін, які виникли за останні роки, був обраний період з 2015 по 2020 роки.

Слід відмітити, що за цей період відбулося збільшення кількості шквалів на території Північно-Західного Причорномор'я порівняно з попередніми роками. За теплі півріччя періоду 2015-2020 рр. зареєстровано 63 випадки шквалів різної інтенсивності (рис. 3.1).

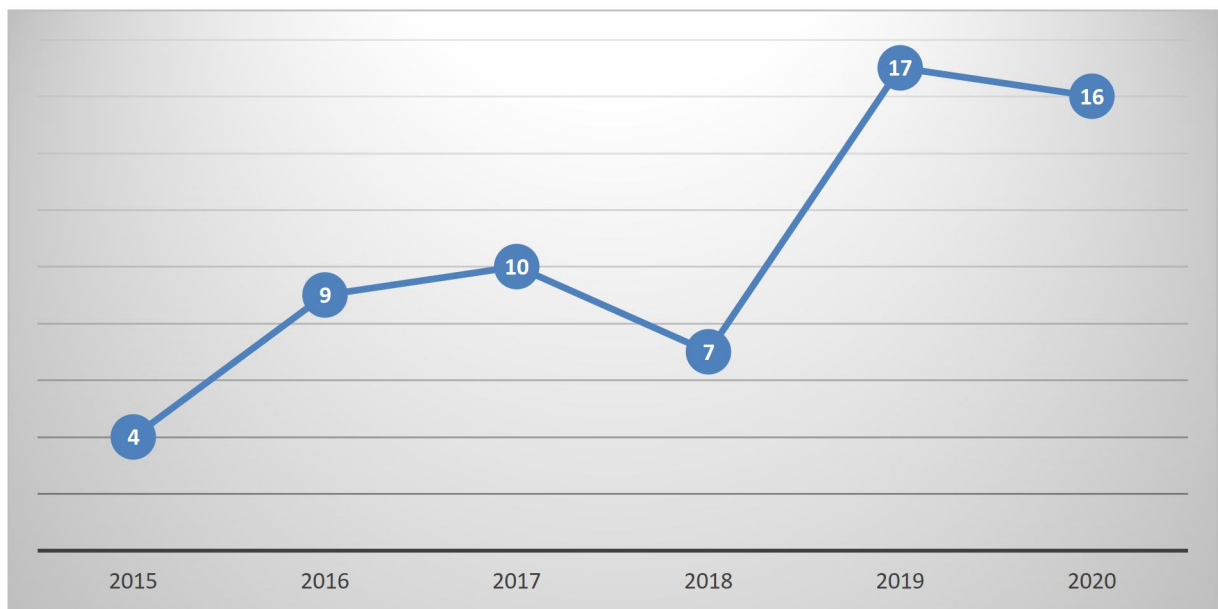


Рисунок 3.1 – Кількість випадків шквалу на території Одеської області.
2015-2020 рр.

В Одеській області найчастіше шквали формувалися у 2019 та 2020 рр. – 17 та 16 випадків, відповідно, це 27,0 та 25,4 % від загального числа по області за період дослідження. Досить висока повторюваність у 2017 р. – 10 випадків (15,9 %). Мінімум повторюваності шквалів припадає на 2015 рік, де шквали в останніх 5-ти роках – поодинокі явище. Низька повторюваність шквалів у 2016 та 2018 роках – 9 та 7 %.

Особливості місячного розподілу шквалів представлено на рисунку 3.2. Дані повторюваності вказують на не значне переважання шквалів у липні – 20 випадків, у червні та серпні шквали спостерігалися 16 та 15 разів, відповідно.

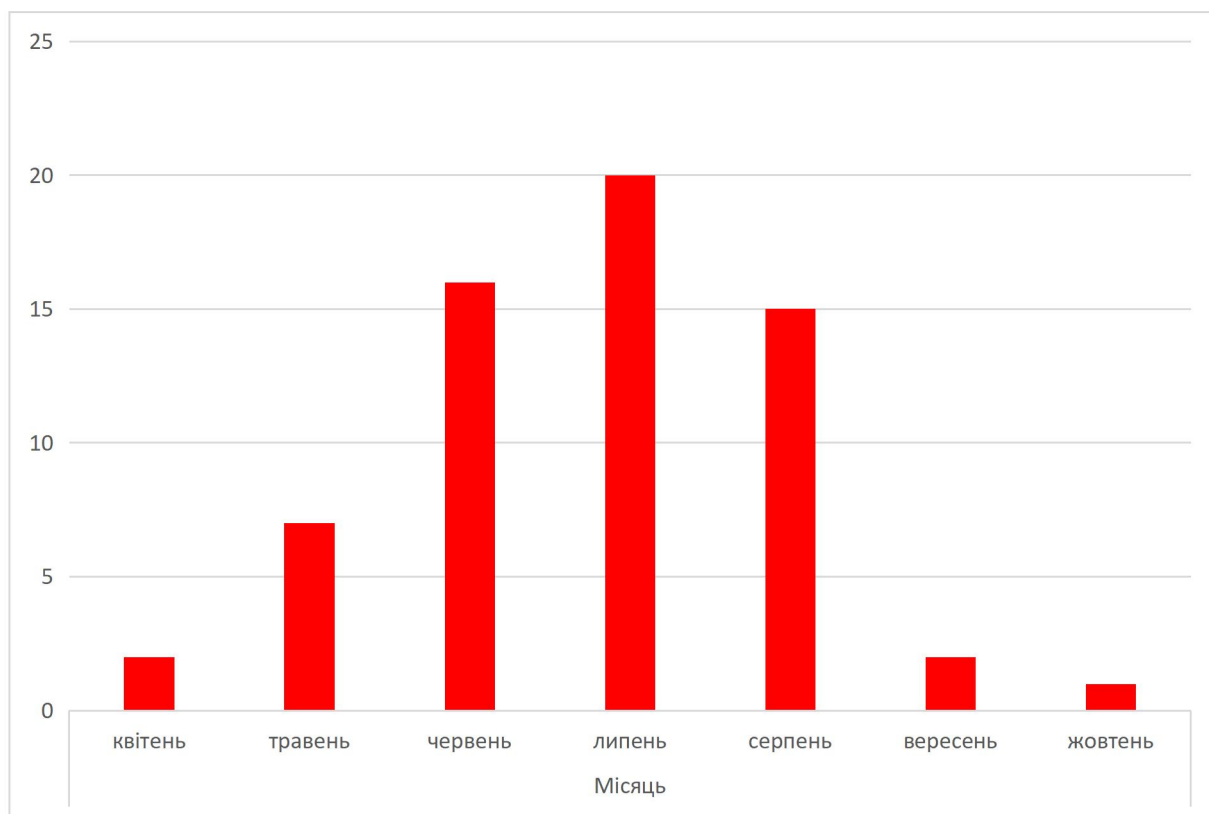


Рисунок 3.2 – Повторюваність шквалу (к\вип) за теплий період 2015-2020 рр.

Найнижчі показники шквалоутворення відмічаються у квітні, вересні і жовтні. Загалом простежується зростання частоти формування шквалів від квітня до липня і далі поступове зниження повторюваності до кінця теплового періоду.

Шквал - це короткочасне явище, яке зазвичай триває від 6 до 12 хвилин, що для території Одеської області становить від 20,1 до 18,9 % (рис. 3.3). Шквал близько 15 хв відзначався у 12,2 % випадків.

Максимальна тривалість шквалу може спостерігатися в межах 2-3 годин. Шквал такої тривалості на досліджуваній території не зафіксовано, але шквали тривалістю близько 1 години спостерігалися у 1,5% випадків. На Одесщині максимальна тривалість шквалу склала 1,25 годину (метеостанція Паромна Переправа) 16 травня 2010 року. Швидкість вітру досягала 20 м/с. Частіше по області спостерігалися шквали тривалістю близько 6 хвилин (20,1 %).

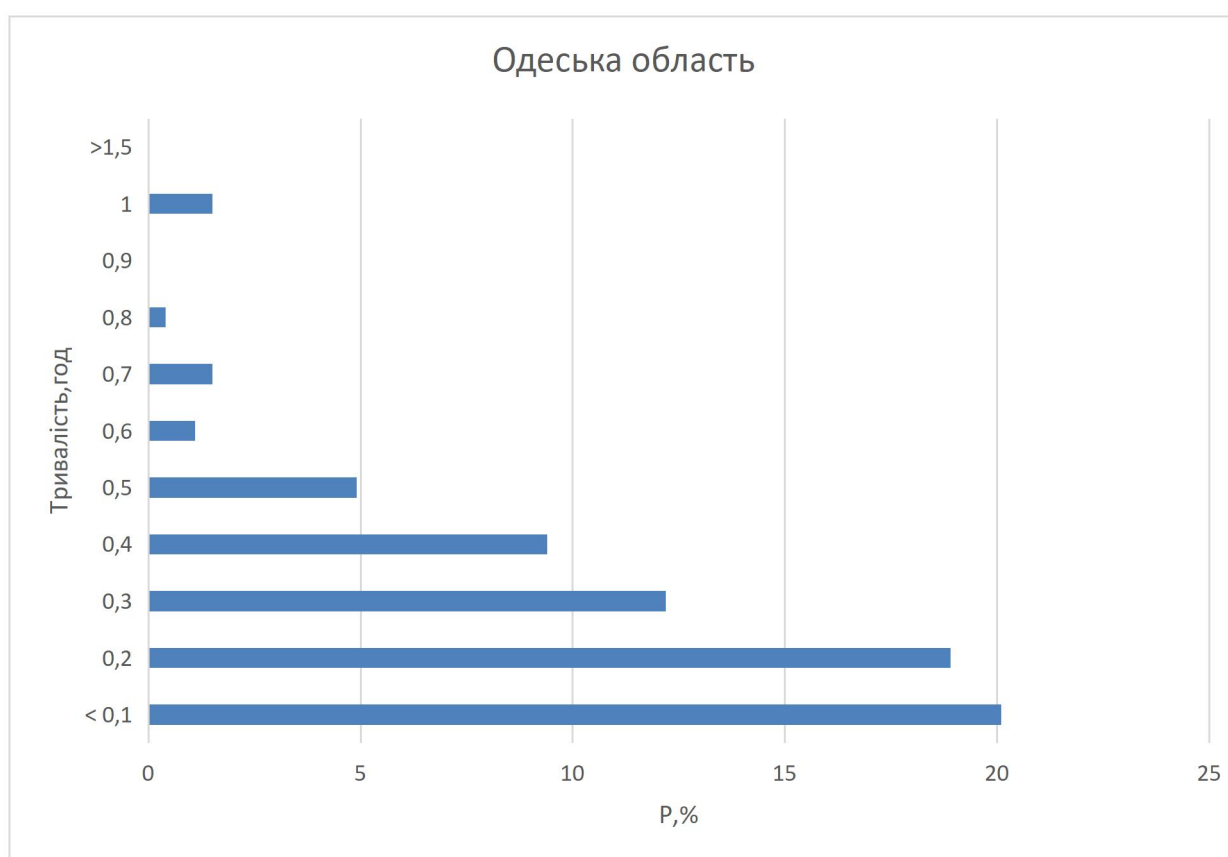


Рисунок 3.3 – Повторюваність шквалу різної тривалості

При дослідженні процесів шквалоутворення велике значення мають дані про максимальну швидкість вітру під час шквалу, які визначають

ступінь його небезпечності. Цей параметр головним чином залежить від інтенсивності циркуляційних процесів, які формують шквалову ситуацію в регіоні.

Шквали зі швидкістю до 15 м/с на території Одеської області спостерігалися в 7 % всіх випадків. Найбільша повторюваність шквалів відзначалась в градації швидкості вітру 15-24 м/с – шквали першого рівня небезпеки (НМЯ I) -89 % (рис. 3.4). Небезпечні метеорологічні явища II і III рівня спостерігалися досить рідко, всього в 4% випадків. З них всього один епізод відзначено з максимальною швидкістю понад 35 м/с, це метеостанція Одеса АМСЦ 3 квітня 2015 року – 37 м/с. Зазвичай, такі руйнівні швидкості вітру спостерігаються на холодних фронтах.

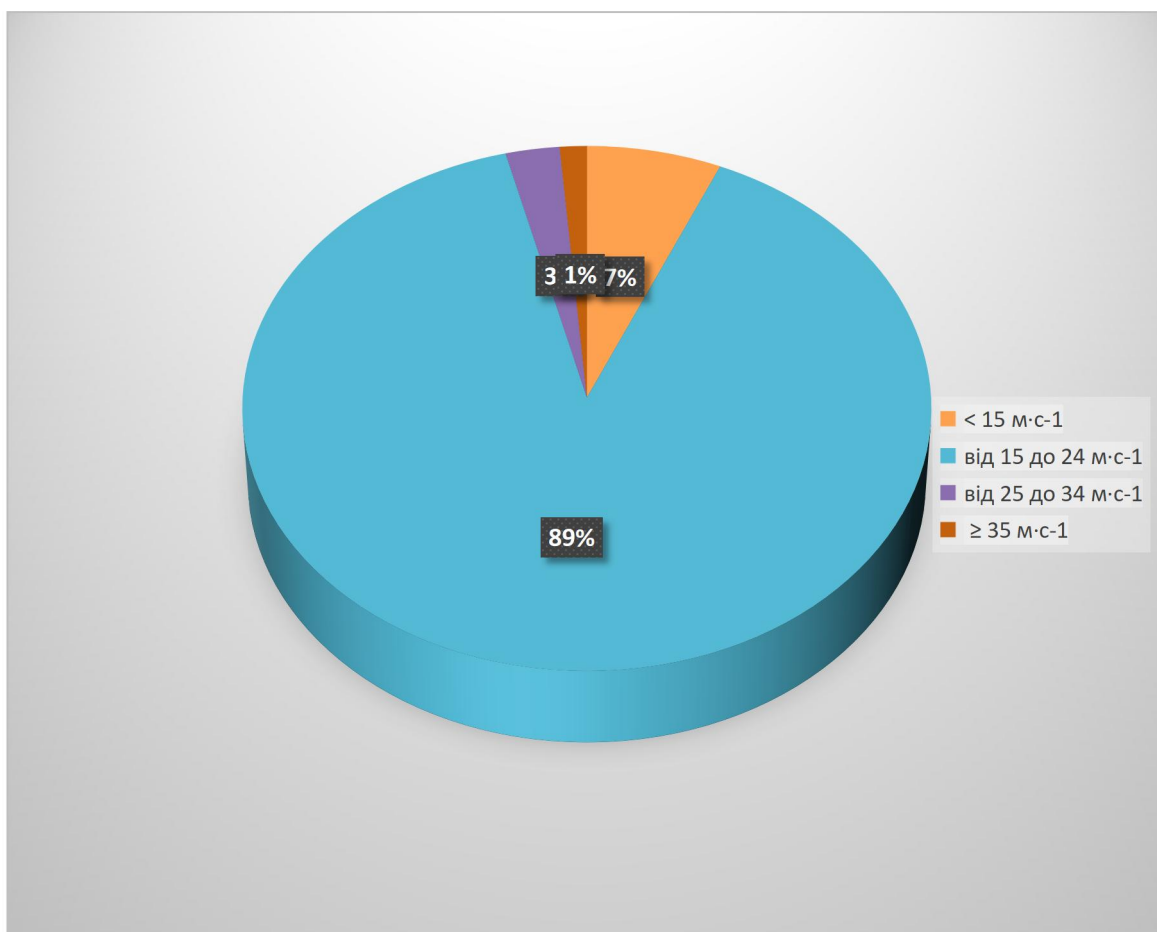


Рисунок 3.4 – Розподіл повторюваності шквалів на Одесщині за період 2015- 2020 рр. за інтенсивністю

Середня швидкість вітру екстремальних шквалів на території Одещини складала від 18 до 22 м/с.

За картою розподілу повторюваності шквалів по території Одеської області можна виділити шквалонебезпечні райони (пункті) для кожної області. В Одеській це – Білгород-Дністровський район, Черноморськ, Сербка та Любашівка (рис. 3.5).

Найбільша кількість шквалів спостерігалася у районі Одесі – 35. Розподіл шквалів по території півночі та півдня області практично однаковий, з невеликим перевищенням у північних районах (15 та 13 випадків, відповідно).

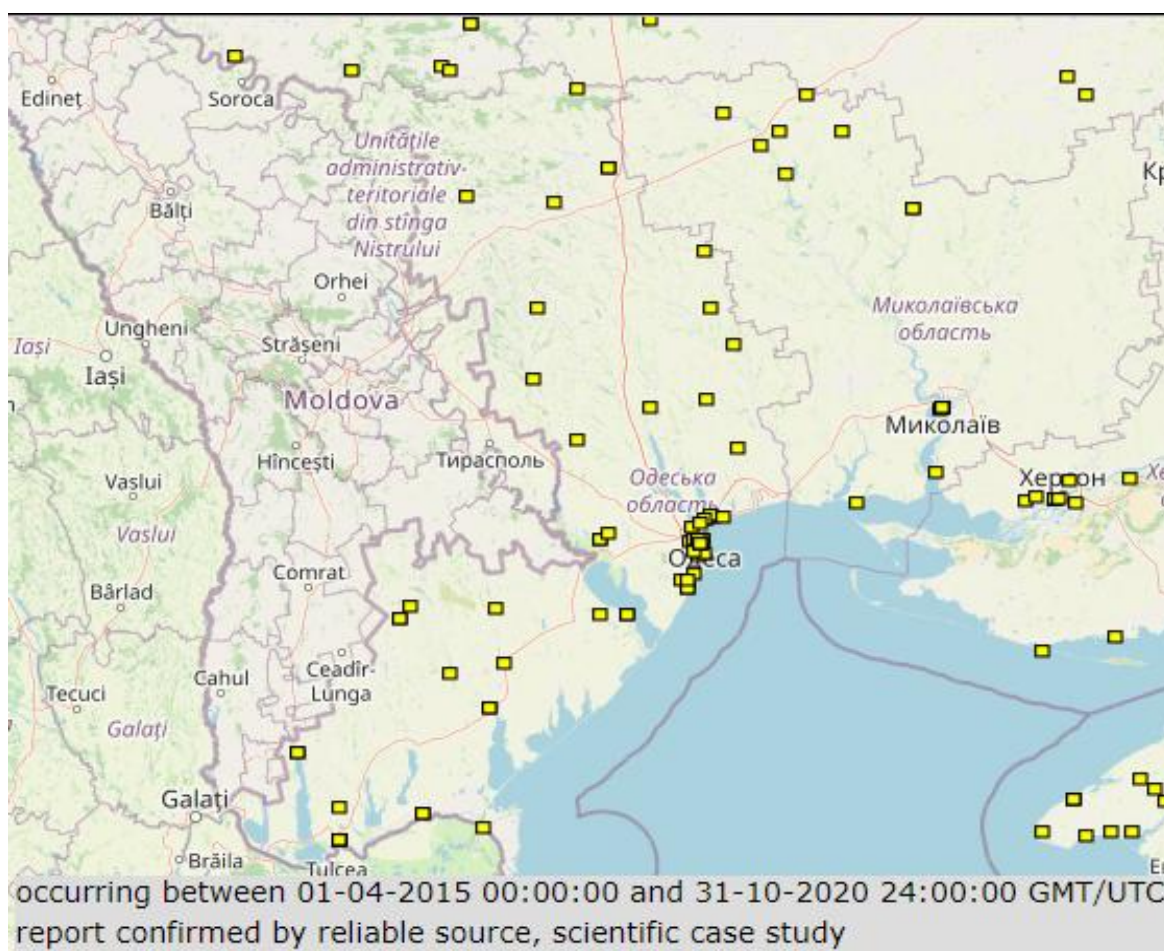


Рисунок 3.5 – Карта розподілу шквалу за період 2015-2020 рр. по території Одеської області (QC1, QC2) [14]

Отже, за досліджуваний період (2015-2020 рр.) спостерігається чітка тенденція до зростання кількості випадків зі шквалами різної інтенсивності на всій території Одещині. Насамперед, це пов'язано зі зміною атмосферної циркуляції, посиленням інтенсивності меридіональних процесів, виходом активних циклонів на територію півдня України, що призводить до збільшення баричних градієнтів і, як наслідок, зростанню швидкості вітру і виникненню шквалів.

Шквалонебезпечність районів також залежить від кліматичних і орографічних особливостей регіонів, тому найбільша повторюваність шквалу відзначена вздовж узбережжя Чорного моря в Одеської області.

3.2 Циркуляційні атмосферні процеси у період розвітку шквалу на досліджуваній території

Досліджуючи вплив баричних об'єктів на формування шквалів, виділено основні типи синоптичних ситуацій, які спричиняли штормові умови у Північному Причорномор'ї. Посилення вітру до 15-35 м/с та більше протягом теплого сезону пов'язано з впливом холодних атмосферних фронтів, та формування шквалових ліній у малоградієнтних полях як зниженого, так і підвищеного тиску. Загальною ознакою механізму виникнення шквалу є меридіональний характер макроциркуляційних процесів, які впливають на формування сприятливих для місцевого циклогенезу термодинамічних умов.

Найчастіше шквали над Одещиною виникають при проходженні активних холодних фронтальних систем, пов'язаних з переміщенням улоговин із заходу, та циклонів північних широт, що рухаються над північними районами Східної Європи -75,5 % від загальної кількості випадків (рис. 3.6) [10].

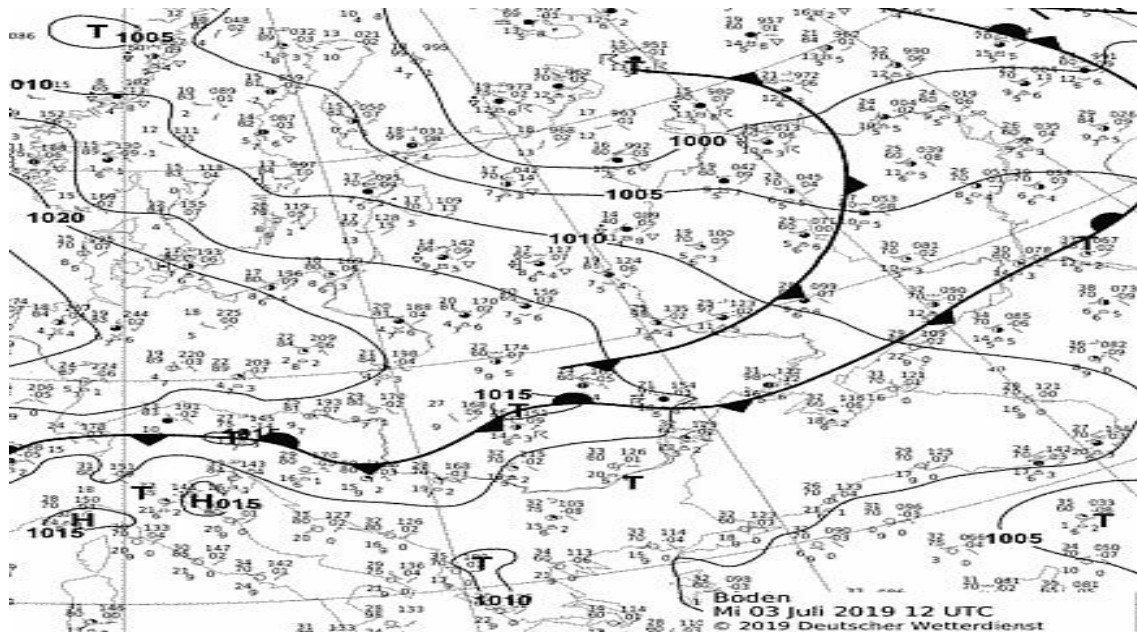


Рисунок 3.6 – Холодний фронт із хвилями

Наступними за повторюваністю циркуляційними полями, при якому формуються шквали на північно-західному узбережжі Чорного моря, є малоградієнтні поля зниженого (15,6 %) тиску та центральна частина широкого теплого сектора циклону (8,9 %) (рис. 3.7-3.8).

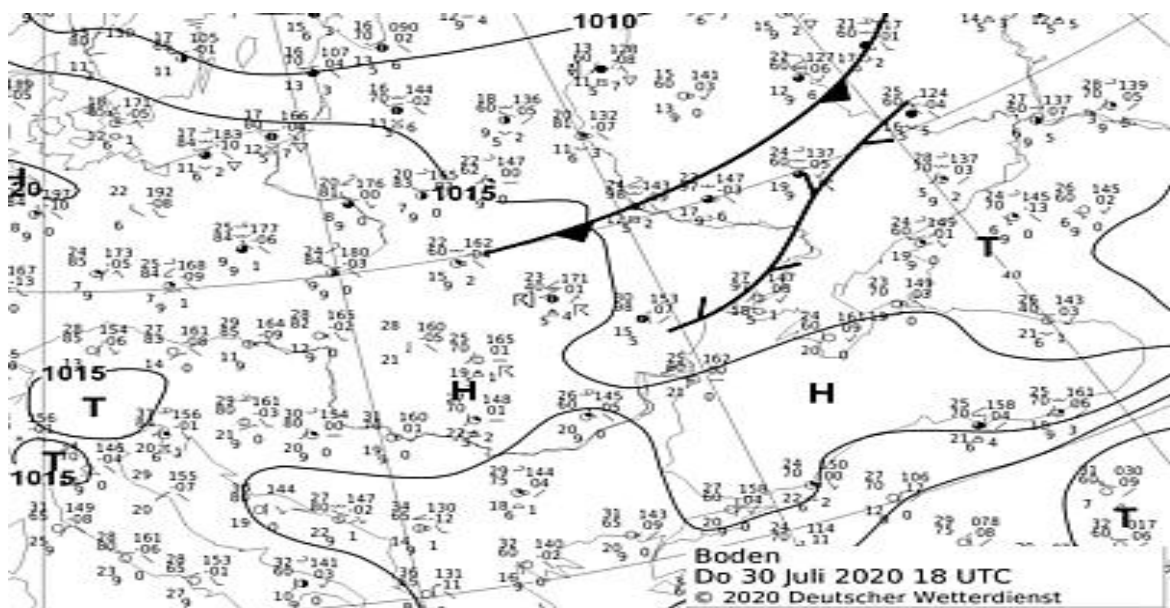


Рисунок 3.7 – Малорадієтне поле зниженого тиску

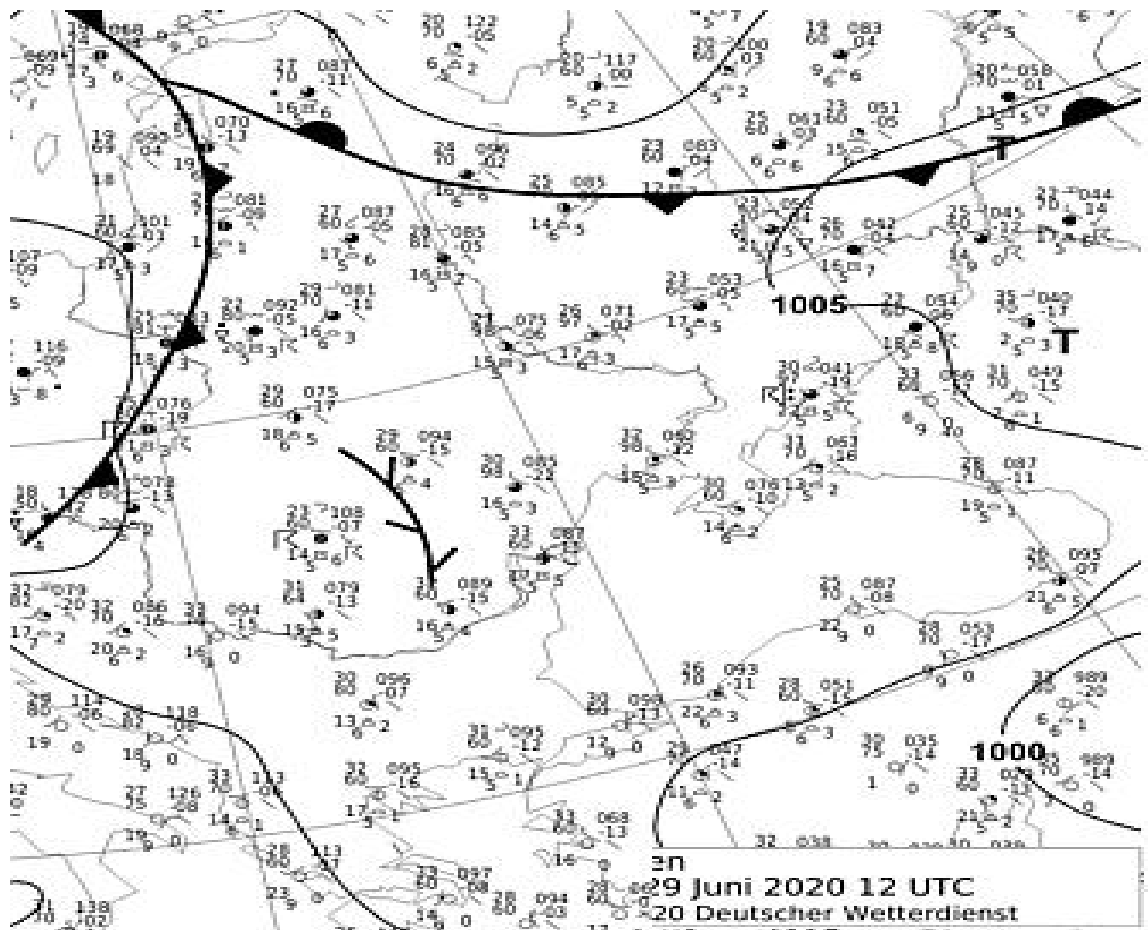


Рисунок 3.8 – Теплий сектор циклону

Інтенсивна денна інсоляція влітку в післяполудні години є тригером для розвитку активної конвекції та виникнення лінії нестійкості. Лінії шквалів, лінії нестійкості (ЛНШ) являють собою зону із скупчення купчасто-дощових хмар, розділених безхмарними прошарками. Протяжність ЛНШ може досягати тисячі км, а ширина складає 50...100 км. Тривалість життя ЛНШ коливається від декількох десятків хвилин до 5...6 год.

Лінії нестійкості перед теплим фронтом і в теплому секторі циклону часто утворюються не у вигляді суцільного валу Сб, а у вигляді пасма цих хмар зі значними безхмарними проміжками. В результаті іноді при проходженні ЛНШ через об'єкт, що обслуговується, там не буде спостерігатись погіршення погоди, доведеться слідкувати за кожною хмарою

окремо. Перед холодним фронтом переміщуються зі швидкістю фронту; іноді складається враження про хаотичність їх переміщення.

За допомогою супутникових і радіолокаційних спостережень можна слідкувати за еволюцією і переміщенням ЛНШ як по всій лінії в цілому, так і окремих хмар.

3.3 Аналіз синоптичних умов утворення шквалу в Одеської області

7 серпня 2016 р.

7 серпня у м. Одеса локально спостерігалися такі стихійні явища: за даними сектора спостережень ГМЦ ЧАМ в період з 12 год 48 хв до 15 год 10 хв пройшов дуже сильний дощ (кількість опадів 55,4 мм за 02 год 22 хв), в період з 13 год 20 хв до 14 год 20 хв відмічалася сильна злива (кількість опадів 35,4 мм за 01 год). Також спостерігалися шквали : ГМЦ ЧАМ сектор спостережень - максимальна швидкість вітру 29 м/с тривалістю 33 хв (з 13 год 57 хв до 14 год 30 хв); Одеса АМСЦ - 27 м/с тривалістю 05 хв (з 14 год 10 хв до 14 год 15 хв); Одеса порт - 26 м/с тривалістю 34 хв (з 14 год 06 хв до 14 год 40 хв).

Стихійні явища завдали значних збитків: у м. Одеса були повалені дерева та зламано багато гілок дерев, короткочасно відключалися від електропостачання деякі житлові будинки, порушувався рух міського транспорту, через засміченість зливової каналізації було затоплено курорт Аркадія, проїжджу частину Французького бульвару та Пересипу; у селищі Затока була зруйнована сцена, де проводився фестиваль, і від удару блискавки смертельно травмований чоловік.

На АТ-500 за 12 UTC висотна фронтальна зона проходила через Велику Британію, Німеччину, Польщу, країни Балтії і далі на північний захід Європейської території Росії, окреслюючи меридіонально розташовану

улоговину глибокого циклону з шістьма замкнутими ізогіпсами, центр якого знаходився над Північним Льодовитим океаном (геопотенціал в центрі 528 дам). Вісь цієї улоговини пролягала через Балтійське море, Відень, Люблян, Сан-Маріно на Тірренське море. В її південній частині (над південними районами Італії) простежувався ще один циклон, окреслений однією замкнутою ізогіпсою (геопотенціал в центрі 579 дам). Балкани і західні райони Чорного моря перебували під впливом висотного гребеня з півдня зі слабким вітром (рис. 3.9).

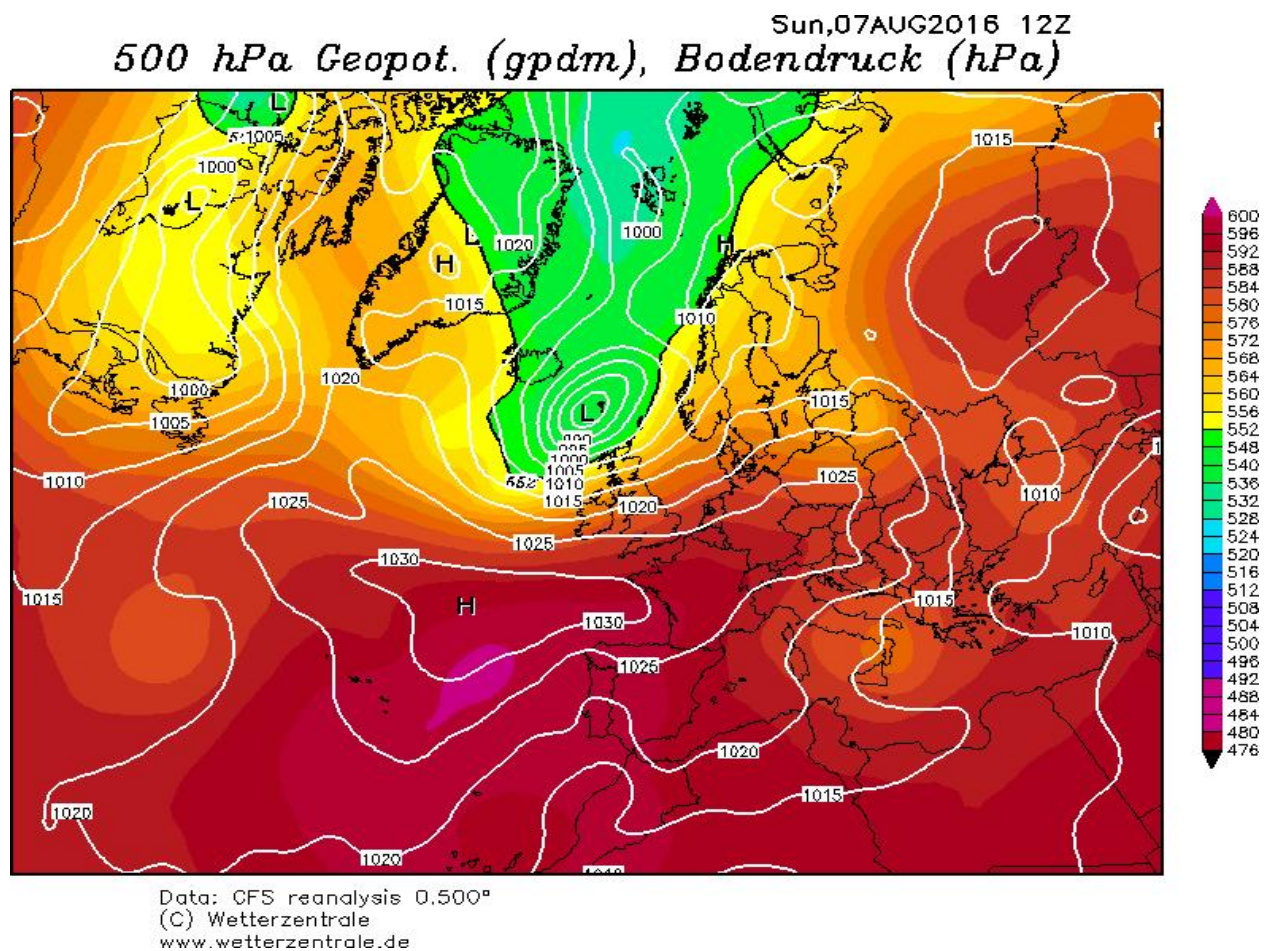


Рисунок 3.9 – Карта АТ-500. 7.08.2016 р. [15]

Вдень о 12(15) год циклон над півднем Італії окреслювався вже двома ізогіпсами; західна частина Чорного моря залишалась під впливом висотного гребеня зі слабким переносом повітряних мас.

На АТ-700 висотна фронтальна зона проходила майже так, як і на АТ-500. Вісь улоговини пролягала через Ригу, Варшаву, Софію на Мармурове

море. Впродовж дня улоговина перемістилася у східному напрямку і проходила через Ригу, Мінськ, Київ. Західні райони Чорного моря, як і раніше, перебували під впливом баричного гребеня. Перенос повітряних мас був слабким. Одеська область на висотах АТ-500 і АТ-700 перебувала під впливом східної частини гребеня антициклону з заходу, в якому над Дунайською низовиною знаходився самостійний антициклональний центр, на АТ-700 протягом дня він посилювався на 1 дам (рис. 3.10).

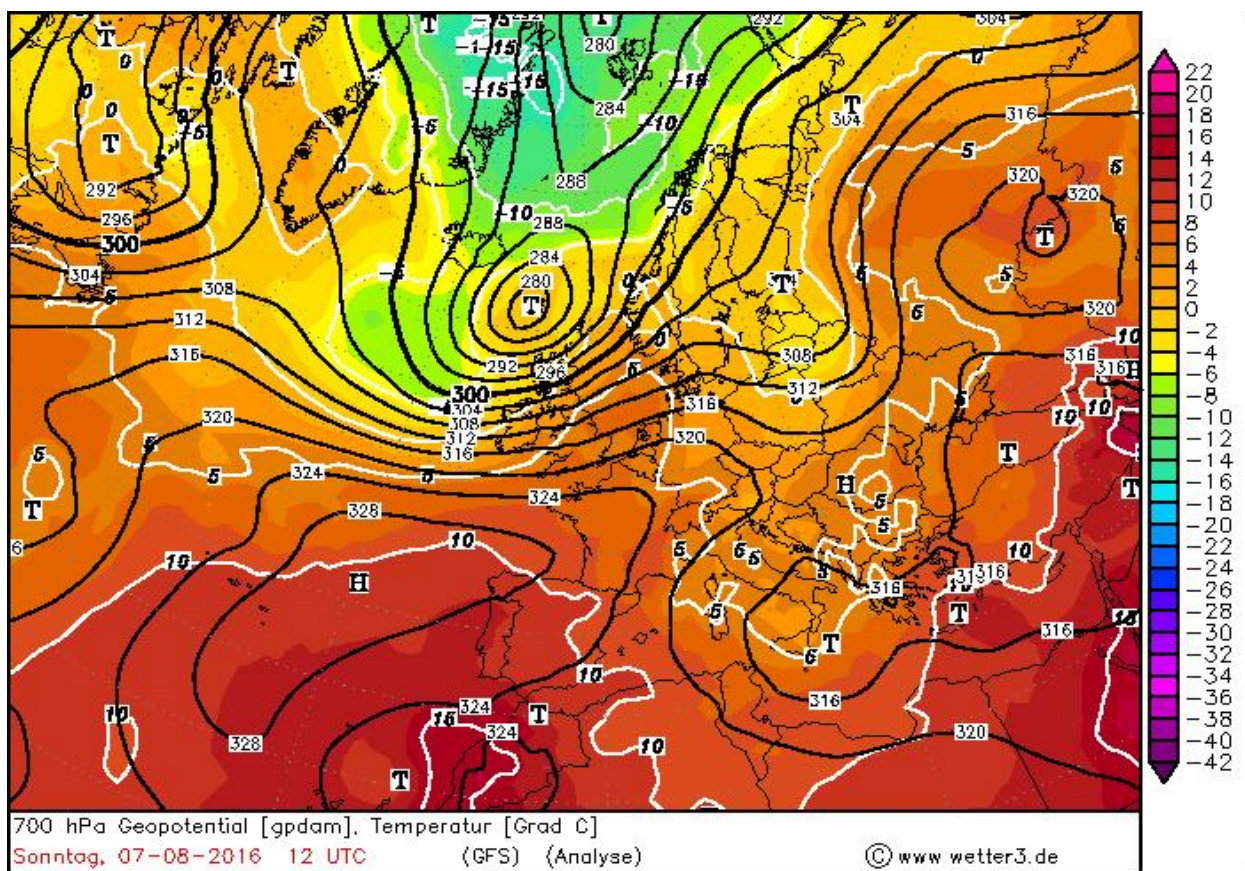


Рисунок 3.10 – Карта АТ-700. 7.08.2016 р. 12.00 (UTC) [15]

На АТ-850 полярний фронт проходив через Беларусь, північні райони України, Белград, південь Адріатики, Іонічне море. В зоні холодного полярного фронту над Україною контраст температури у фронтальній зоні вночі становив $5^{\circ}/500$ км, вдень - $8^{\circ}/500$ км, максимальним він був над заходом країни ($9^{\circ}/500$ км) (рис. 2.9).

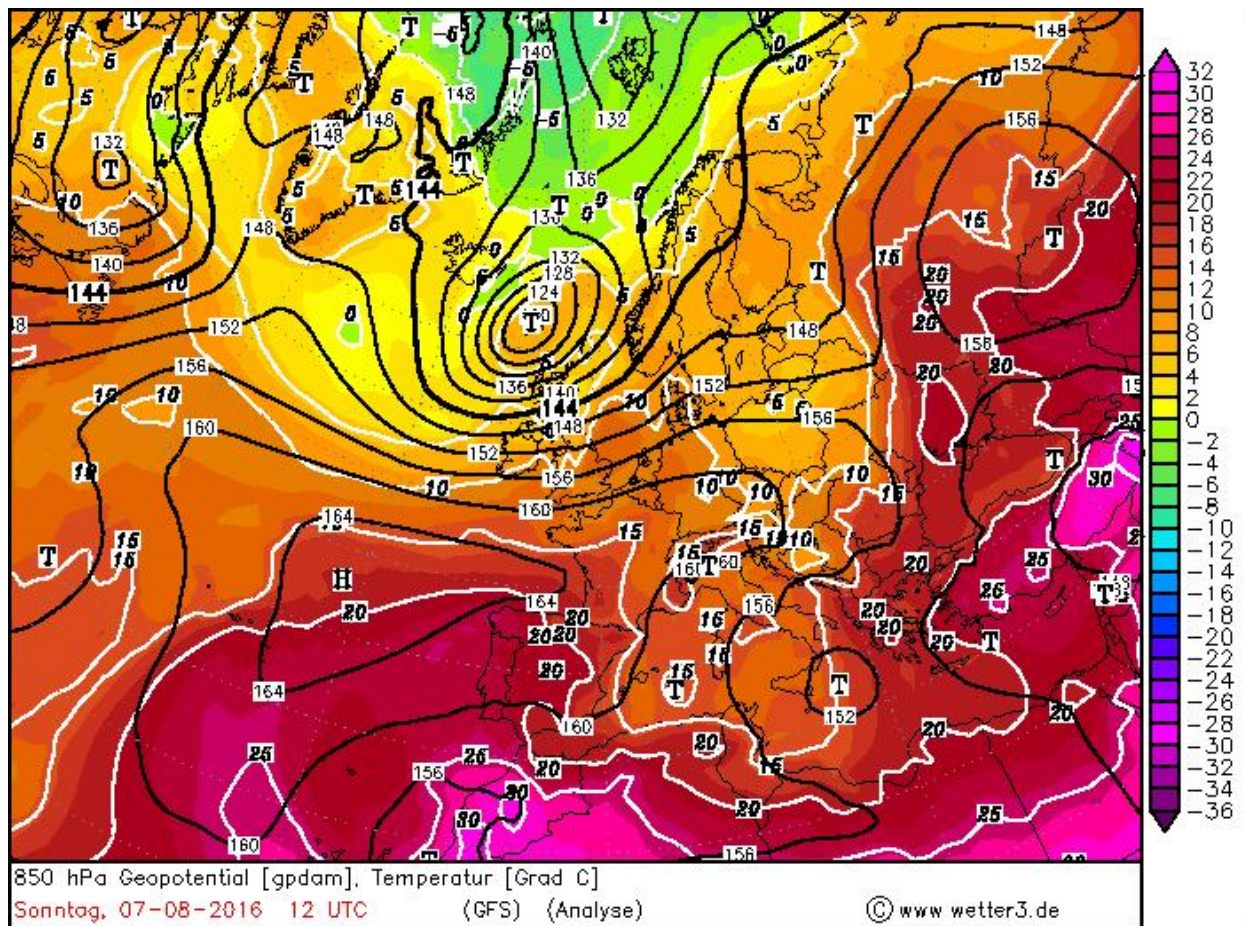


Рисунок 3.11 – Карта АТ-850. 7.08.2016 р. 12.00 (UTC) [15]

Більша частина території України перебувала в теплій повітряній масі з температурою 14-19° (в м. Одеса 19°), лише на крайньому північному заході країни було 10-13°. Впродовж дня 7 серпня на захід України з північного заходу посилювалася адвекція холоду (надходило повітря з температурою 8-10°, в той час, як на півдні України температура досягала 19°). На 12(15) год на більшій частині Правобережжя України температура знизилася в середньому на 2°, а над Дніпропетровською областю підвищилася на 3°; в м. Одеса вдень 7 серпня температура становила 19°, вночі 8 серпня 17°.

На ВТ 500/1000 за 12 UTC на західні райони Європи здійснювалася адвекція холодного повітря, максимальні контрасти у висотній фронтальній зоні спостерігались над Польщею і складали 16 дам/1000 км. Південь України та Чорне море знаходились під впливом термічного гребеня з

Близького Сходу. 7 серпня о 12(15) год максимальні контрасти перемістилися на захід України і становили 12 дам/1000 км. Територія Одеської області та північно-західна частина Чорного моря знаходились, як і раніше, під впливом термічного гребеня, поза висотною фронтальною зоною.

У приземному полі 7 серпня в 12 UTC на північ від Британських островів знаходився циклон (1001 гПа), улоговина якого простягалася на Великобританію. З ним були пов'язані дві системи атмосферних фронтів - полярний і арктичний. Полярний фронт пролягав через Лондон, протоку Ла-Манш, Бордо, Тулузу, Корсику, Сан-Маріно, Хорватію, Румунію, захід України, Беларусь, Санкт-Петербург і далі на південь на район Самари, потім у східному напрямку на Західний Сибір (рис. 3.12).

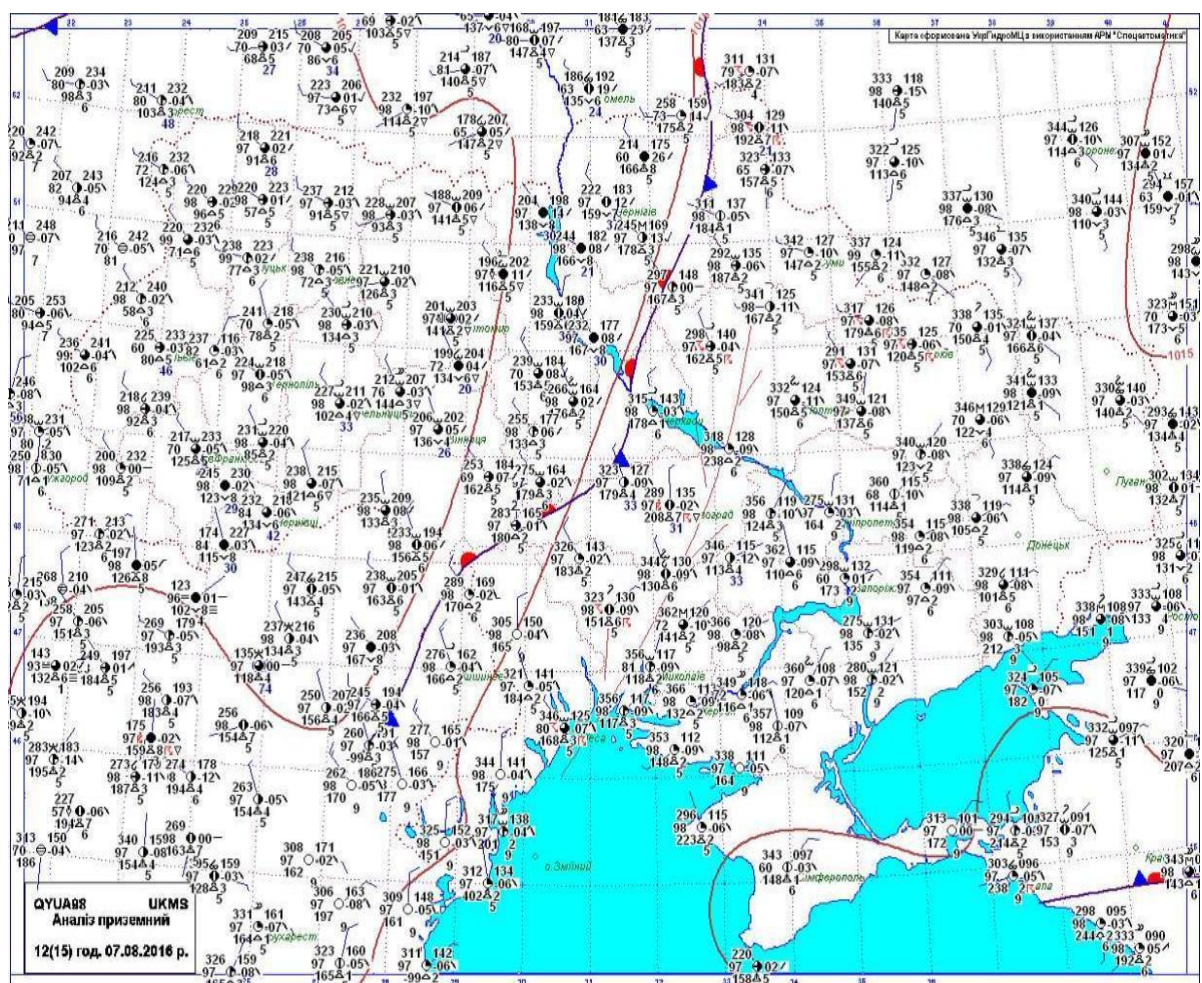


Рисунок 3.12 – Приземна карта. 7.08.2016 р. 12.00 (UTC)

Погоду більшої території країни, в тому числі і Одещини, визначала барична сідловина, Правобережжя України - гребінь антициклону з заходу, по периферії якого проходив холодний атмосферний фронт. Тиск біля поверхні землі становив 1012,5 - 1015,0 гПа і впродовж дня істотно не змінювався (за 12 (15) год відмічалось його слабке падіння 0,7 гПа/3 год, а за 15 (18) год - ріст 0,6-1,7гПа/3 год).

Внаслідок утворення хвиль в зоні холодного фронту, швидкість його переміщення у східному напрямку значно уповільнилася. На 00(03) год він був орієнтований з Мінська на Белград і Рим; на 03(06) год фронт змістився у східному напрямку, на території України він проходив через Вінницю, далі на захід від Кишинєва на Румунію; о 12(15) год він пролягав зі сходу Київської області на північ Одеської, Молдову, Угорщину і південь Італії (в цей час контраст температури біля поверхні землі у фронтальній зоні становив 4-6°/100 км).

На захід від Одеси знаходилась холодна ділянка цього фронту. На супутникової карті за 12 (15) год добре простежується лінія сходимості (шквалів), орієнтована з Кіровоградської області на північний захід Чорного моря. Саме вона й зумовила стихійні явища в м. Одеса. А сам фронт, розмиваючись, перемістився через Одесу тільки в кінці доби 7 серпня (рис. 3.13).

Максимальна температура повітря в Одесі становила близько 37°, за холодним фронтом 23-24°. Такі значні контрасти температури та наявність розділу суша-море сприяли швидкому формуванню активної лінії сходимості перед фронтом і, як наслідок, розвитку потужної купчасто-дощової хмарності в прибережній зоні, що і призвело до виникнення СМЯ в м. Одеса. Цим можна пояснити відсутність СМЯ на решті території Одеської області, віддаленої від моря. Вдень 7 серпня на території Одеської області, крім Одеси, дощ відмітили тільки метеостанції, розташовані на узбережжі: порт Южний - 0,0 мм, Чорноморськ - 4 мм і Білгород-Дністровський - 0,7 мм.

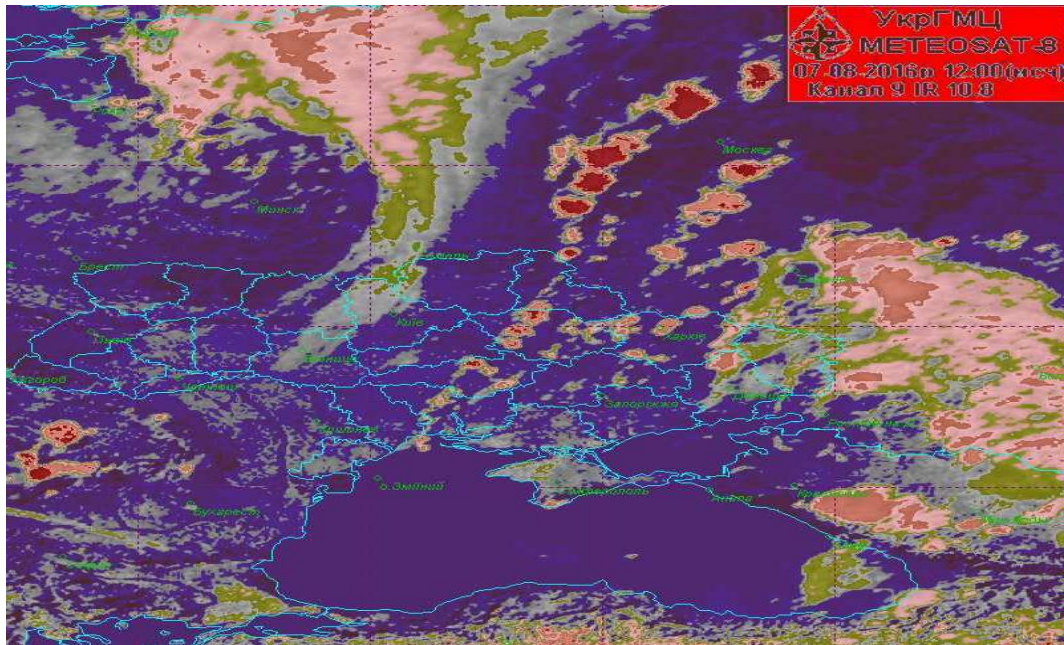


Рисунок 3.13 – Супутникова карта 7.08.2016 р. 12.00 (UTC)

За даним супутника METEO SAT-8 за 7 серпня чітко прослідковується розвиток хмарності в другій половині дня в зоні приземної лінії сходимості (шквалів) перед фронтом і розмивання ділянки фронту, яка перемістилася через м. Одеса вже в кінці доби 7 серпня (рис. 3.14-3.15).

На 12 годину на лінії сходимості (шквалів) формуються лише окремі плями купчастої хмарності; о 16 год 30 хв над крайнім північним заходом Чорного моря і в районі Одеси в напрямку південь-північ утворилася смуга купчасто-дощових хмар, яка швидко розширювалась та ставала яскравішою.

До 16 год 45 хв смуга вже відчутно збільшилася за площею, а до 17 год 00 хв масив цих хмар значно розрісся. Після 18 години масив хмарності став переміщуватися в східному і північно-східному напрямку, втрачаючи свою активність над районами Чорного моря біля узбережжя Миколаївської та Херсонської областей. В атмосфері на висотах переважали північні потоки.

Верхня межа потужно-купчастої хмарності з 16 години протягом однієї години зросла до 15 км, мінімальна температура на верхній межі хмарності склала -59°C .

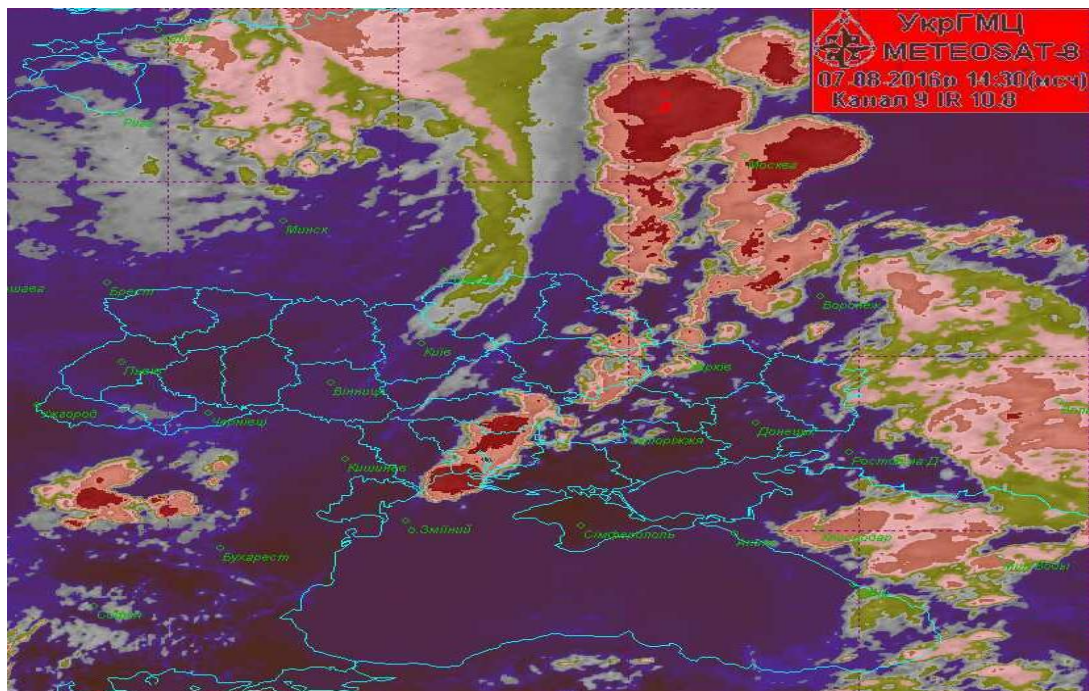


Рисунок 3.14 – Супутникова карта 7.08.2016 р.

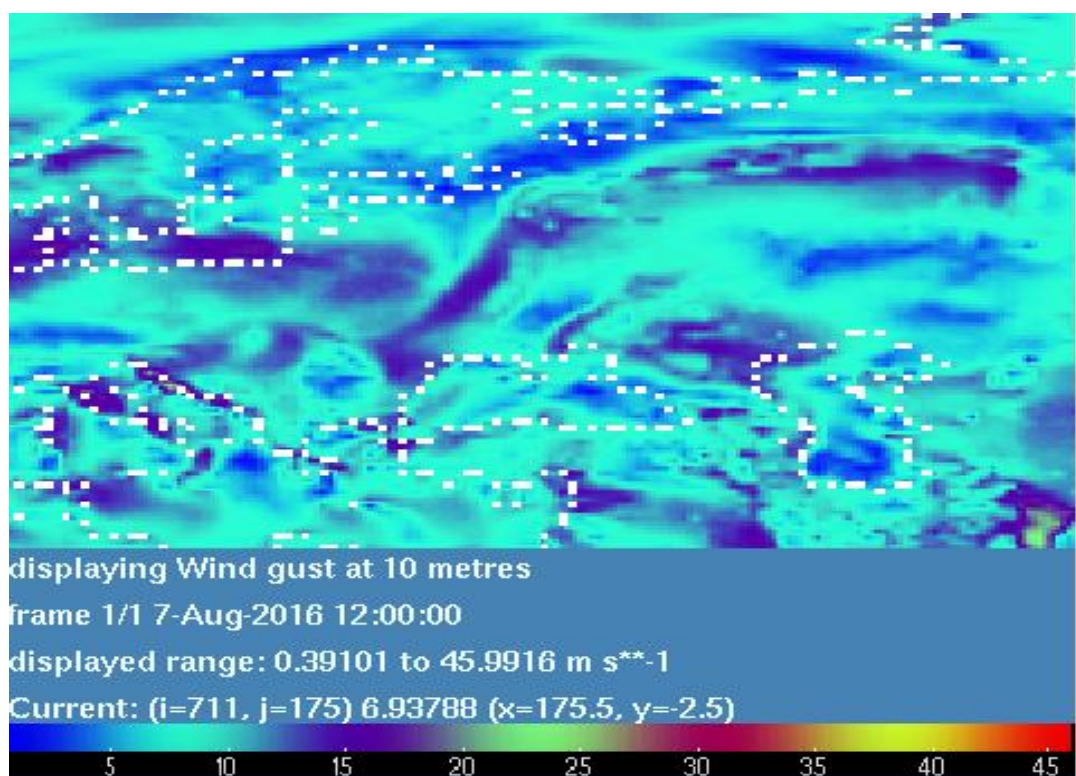


Рисунок 3.15 – Карта максимальних поривів вітру за даними ERA-5.

За аерологічними даними в Одесі 7 серпня в 00 (03) год дефіцити точки роси склали: на АТ-850 – 11°, АТ-700 – 7°, на АТ-500 – 25°; в приземному шарі атмосфери відмічалася слабка інверсія – 0,4- 0,8° з товщиною шару 150-300 м, на висоті близько 4 км - ізотермія в шарі товщиною 100 м; на висотах від 3,4 км до 4,3 км спостерігався шар конвективно нестійкого повітря (рис. 3.16).

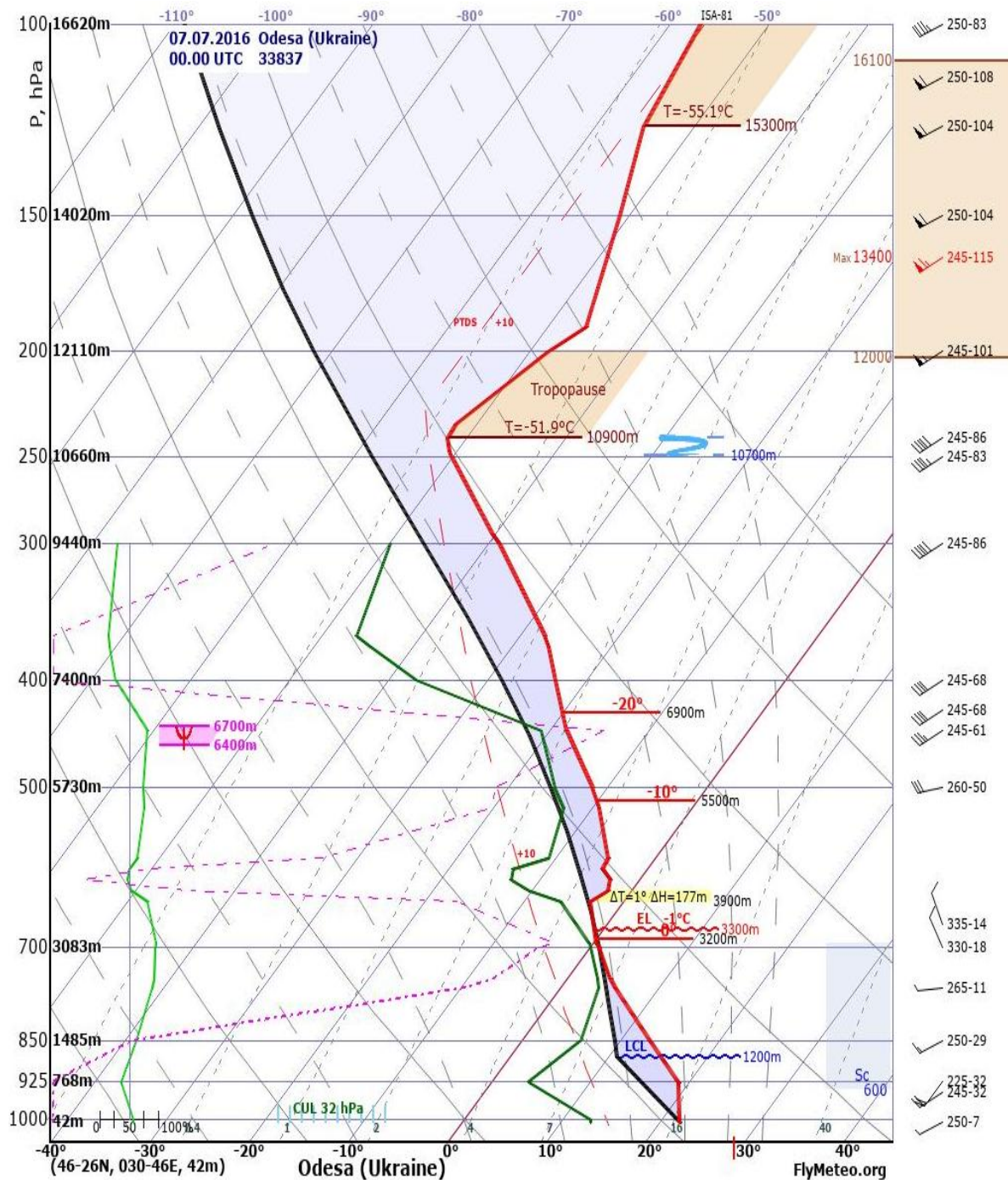


Рисунок 3.16 – Аерологічна діаграма 7.08.2016 р.

7 серпня в м. Одеса на 12 (15) год температура повітря біля поверхні землі становила $34,5^{\circ}$, на 15 (18) год – $19,2^{\circ}$, на 18 (21) год – $26,5^{\circ}$. Таке різке зниження температури від 15 до 18 години було зумовлене переміщенням холодного повітря зливовим дощем з верхніх шарів атмосфери в нижні.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра отримані наступні результати:

1. За останні 5 років згідно з проведеним дослідженням простежується тенденція до збільшення кількості випадків зі шквалами і розширення площ охоплених цим явищем, що можливо пов'язано з виникненням змін циркуляційних процесів (перехід на західну форму циркуляції). Це спричинює активізацію атлантичних циклонів, які проникаючи на материк поступово поглиблюються, що призводить до збільшення баричних градієнтів і насамперед посилення вітру до шквалистого.

2. Шквал на території Одеської області у період з 2015 по 2020 рр. спостерігався у 63 випадках .

3. Визначено, що частіше по області фіксувалися шквали тривалістю близько 6 хвилин (20,1 %).

4. Отримано, що найбільша повторюваність шквалів відзначалась в градації швидкості вітру 15-24 м/с – шквали першого рівня небезпеки (НМЯ І) -89 %.

5. Найчастіше шквалів спостерігалася у районі Одесі – 35 випадків.

6. Виявлено, що у період з 2015-2020 рр. шквали на Одещині найчастіше виникали при проходженні холодних фронтів (75,5 %) і в малоградієнтних полях зниженого тиску (15,6 %).

7. Лінія конвергенції (шквалів), яка утворилась попереду активного холодного фронту, стала причиною виникнення сильного шквалу, який досяг критеріїв СМЯ ІІ (27-29 м/с) в Одеській області 7 серпня 2016 року

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агайар Е. В. Навчальний посібник «Спеціалізовані прогнози небезпечних явищ погоди». ОДЕКУ, Одеса. 2021. 143с.
2. Балабух В. А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине / Глобальные и региональные изменения климата [Шестопапов В.М., Логинов В.Ф., Осадчий В.И. и др.]. К.: Ника-Центр, 2011 С. 150-159.
3. Будилина Е.М., Прох Л.З., Снитковский А.И. Смерчи и шквалы умеренных широт. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 32 с.
4. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
5. Клімат України / за ред. В. М. Липинського. Київ, 2003. 564 с.
6. Липінський В.М., Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Активізація стихійних метеорологічних явищ на території України – прояв глобальних змін клімату // Укр. геогр. журн. 2007. №2. С. 11–20
7. Настанова з метеорологічного прогнозування. Український гідрометеорологічний центр. Київ: 2019, 35 с. URL:https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/настанова%20з%20метеорологічного%20прогнозування.pdf
8. Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя [1986 – 2005pp.] / За ред. В.М. Липінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во “Ніка-Центр”, 2006. 312 с.
9. Agayar E.V., Zhuk D. O. «Climate change and the frequency of squalls on the territory of the North-Western Black Sea Region». «International Research-to-Practice Canference on Climate Services: Science and Education» 22-24.09.2021.
10. Ivus G P, Agayar EV, Semergey-Chumachenko AB, Gurskaya LM, Zubkovych SA. Correlation of strong wind with atmospheric circulation of the North-Western Black Sea. Ukrainian hydrometeorological journal. 2016. № 17. С. 38-48.

11. Balabukh V., Lavrynenko O., Bilaniuk V., Mykhnovych A., Pylypovych O. Extreme Weather Events in Ukraine: Occurrence and Changes
URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77306>
12. M. De Sario, K. Katsouyanni, P. Michelozzi. Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe/ European Respiratory Journal. 2013. 42: 826-843; DOI:10.1183/09031936.00074712
13. Parker MD, Johnson RH. Organizational Modes of Midlatitude Mesoscale Convective Systems. American Meteorological Society. USA. 2000. V.128, PP. 3413-3436
14. Semerhei-Chumachenko A. B., Ahayar EV, Zhuk D.O. Spatiotemporal distribution of tornadoes and squalls in the North-Western Black sea region in 2006-2020. World Science. Poland. №10 (71). 2021.
https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122021/7718
15. European Severe Weather Database. URL: <https://eswd.eu/cgi-bin/eswd.cgi> (дата звернення 15.10.2021)
16. Wetterzentrale Database.
URL: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php> (дата звернення: 18.03.2022)