

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Пилові бурі над півднем України

Виконала студентка 2 курсу групи МЗМ-18
спеціальності 103 - «Науки про Землю»
Курашова Зарина Олександрівна

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

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

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри Прокоф'єв О.М.

“28” жовтня 2019 року

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

Курашовій Зарині Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Пилові бурі над півднем України
керівник роботи Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна к. геогр. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти № 235-С від 21 жовтня 2019 р.
2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2019 року
3. Вихідні дані до роботи 1. Метеорологічні спостереження над ст. Одеса-ГМО, Болград, Ізмаїл, Миколаїв, Херсон, Нова Каховка, Запоріжжя, Мелітополь з архіву gr5.ua з 2005 по листопад 2019 рр. 2. Синоптичні карти та супутникові знімки з архіву АРМСин 3.0. та ін. 4. Супутникові наукастингові продукти. 5. Календар зміни ЕЦМ.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою дослідження та аналіз багаторічного режиму формування низьких струменів над Україною. 2. Характеристика повторюваності, видимості та швидкості вітру над півднем України у період 2005-2019 рр. 3. Визначення синоптичних умов утворення пилових бур. 4. Виявлення циркуляційних умов формування сильних пилових бур над півднем України.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 1.1–1.5 – ілюстрації наслідків та географічний розподіл пилових бур з літературних джерел. Рис. 2.1-2.3 – повторюваність пилових бур у 1961-1990 та 2005-2019 рр. Рис. 3.1-3.11 - синоптичні та супутникові матеріали за 10-11.03.19 та 9.08.19 р., Рис. 3.12-3.18 – синоптичні карти 22-23.03.07 р. Рис. 3.19-3.20 - повторюваність стихійних пилових бур, Рис. 3.21 – елементарні циркуляційні механізми.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Вивчення літературних джерел за темою дослідження</i>	28 жовтня 2019 р.	95	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	листопад 2019 р.	95	відмінно
3.	<i>Визначення режиму утворення пилових бур над півднем України (Одеса, Болград, Ізмаїл, Миколаїв, Херсон, Нова Каховка, Запоріжжя, Мелітополь) з 2005 по 2019 рр.</i>	листопад 2019 р.	95	відмінно
4.	<i>Аналіз метеорологічних та синоптичних умов виникнення пилових бур над півднем України</i>	листопад 2019 р.	95	відмінно
5.	<i>Характеристика циркуляційних умов утворення сильних пилових бур над регіоном</i>	листопад 2019 р.	95	відмінно
6.	<i>Рубіжна атестація</i>	18 –23.11.2019		
7.	<i>Визначення циркуляційних типів, сприятливих утворенню сильних пилових бур</i>	грудень 2019 р.	95	відмінно
8.	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку</i>	5 грудня 2019 р.	95	відмінно
9.	<i>Оформлення магістерської роботи.</i>	10 грудня 2019 р.	95	відмінно
10.	<i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.</i>	грудень 2019	95	відмінно
11.	<i>Перевірка на плагіат, підписання авторського договору</i>	6-9.12.2019		
12.	<i>Підготовка доповіді та презентації. Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2019		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	відмінно

Студент

_____ Курашова З.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

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

АНОТАЦІЯ

Тема: «Пилові бурі над півднем України»

Автор: Курашова Зарина Олександрівна

Актуальність визначається необхідністю виявлення причин виникнення і довготривалого збереження пилових бур, які можуть завдавати значної шкоди сільському господарству та іншим галузям економіки.

Вивчення великомасштабних пилових бур важливо для південних областей України, де створюються сприятливі умови для виникнення подібних явищ: велика сухість і подрібненість поверхневого шару ґрунту, низька вологість повітря, високі температури (влітку) і сильні вітри. При посиленні вітру збільшується кількість піднятої в повітря пилу, а також погіршується видимість.

Мета дослідження – визначення сучасного режиму утворення пилових бур над півднем України, виявлення метеорологічних та циркуляційних умов, які сприяли їх утворенню та посиленню.

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

- просторово-часовий розподіл виникнення пилових бур над півднем України у 2005-2019 рр.;
- характеристика метеорологічних умов під час формування пилових бур;
- визначення сприятливих умов утворенню пилових бур синоптичних умов та циркуляційних типів.

Об'єкт дослідження – пилові бурі на території півдня України.

Предмет дослідження – метеорологічні і синоптичні умови утворення пилових бур.

Методи дослідження –

- Просторово-тимчасове узагальнення даних
- Синоптичний аналіз

Наукова новизна отриманих результатів.

В даній роботі *вперше* для території півдня України

- визначений сучасний режим пилових бур;
- встановлені синоптичні умови утворення сильних пилових бур;
- з'ясована можливість зв'язку формування стихійних пилових бур над півднем України з типами елементарних циркуляційних механізмів Дзердзієвського Б.Л.

Практичне значення отриманих результатів. Врахування зв'язку пилових бур над півднем України з типами елементарних циркуляційних механізмів Дзердзієвського Б.Л. можна використовувати для вдосконалення прогнозу сильних пилових бур.

Магістерська робота в обсязі 63 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 27 джерел, двох додатків, містить 29 рисунків та 3 таблиці.

Ключові слова: пилова буря, сильний вітер, сухе повітря, штормова зона, елементарний циркуляційний механізм.

SUMMARY

Thesis Topic: „Dust storms over southern Ukraine”

Author: Kurashova Zaryna

Urgency of the issue is determined by the need to identify the origins and the long-term conservation of dust storms, which can cause significant damage to agriculture and other sectors of the economy.

The study of large-scale dust is important for the southern regions of Ukraine, where favorable conditions are created for such phenomena: high dryness and fragmentation of the surface soil, low humidity, high temperatures (summer) and strong winds. As the wind increases, the amount of dust raised in the air increases and visibility decreases.

Aim of this study is determination of the modern regime of formation of dust storms over the south of Ukraine, detection of meteorological and circulation conditions, which contributed to their formation and intensification.

According to aim assigned **such tasks** are solved:

- spatiotemporal distribution of dust storms over southern Ukraine in 2005-2019;
- characterization of meteorological conditions during the formation of dust storms;
- determination the synoptic conditions and circulation types for formation of the dust storms

Object of scientific research - dust storms in southern Ukraine.

Subject of scientific research peaks wind speeds greater than or equal $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ within the boundary layer of the atmosphere, if the decrease in wind speed of 300 m layers above and below the maximum for at least $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Methods of scientific research is spatiotemporal generalization of meteorological information, synoptic analysis.

Scientific novelty of results obtained.

In this study for the Ukraine for the first time

- a modern mode of formation of dust storm;
- defined types of synoptic processes during strong dust storm;
- clarified the possibility of linking the formation of strong dust storms over the south of Ukraine with the types of elementary circulating mechanisms of Dzerdzyevsky BL

Practical importance of results obtained. Taking into account the relation of dust storms over the south of Ukraine with the types of elementary circulating mechanisms of Dzerdzyevsky BL can be used to improve the forecast of heavy dust storms..

The master thesis of 63 pages consists of three chapters, conclusions, bibliography of 27 sources, contains 29 figures and 3 tables.

Keywords: dust storm, strong wind, dry air, storm zone, elementary circulating mechanisms

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальні відомості про пилові бурі.....	8
1.1 Визначення та географічний розподіл пилових бур	8
1.2 Вплив пилу на здоров'я людини	13
1.3 Класифікації пилових бур, їх тривалість та добовий хід.....	15
2 Режим утворення пилових бур над півднем України.....	17
2.1 Географічний розподіл пилових бур над Україною.....	17
2.2 Повторюваність та метеорологічні умови утворення пилових бур на півдні України у 2005-2019 рр.....	19
3 Характеристика циркуляційних умов формування сильних пилових бур над півднем України.....	30
3.1 Аналіз синоптичних умов пилових бур на півдні України у 2019 р.....	30
3.2 Метеорологічні та синоптичні умови пилової бурі 23 березня 2007р	43
3.3 Циркуляційні умови утворення сильних та тривалих пилових бур	51
Висновки	57
Перелік посилань	59
Додаток А.....	61
Додаток Б	63

ВСТУП

Величезного збитку різних галузям економіки країни та сферам життєдіяльності суспільства може завдати руйнування і видування ґрунту під дією пилових бур. Особливо це стосується сільського господарства через часткову або повну втрату родючості ґрунтів, заноси культурних площ (посівів, садів, лісонасаджень), перенос шкідливих комах і паразитних грибків, видування насіння під час пилової бурі.

Пилова (піщана) буря - атмосферне явище у вигляді перенесення великих кількостей пилу (часток ґрунту, піщинок) вітром із земної поверхні в шарі висотою кілька метрів з помітним погіршенням горизонтальної видимості (зазвичай на рівні 2 м вона складає від 1 до 9 км, але в ряді випадків може знижуватися до декількох сотень і навіть до кількох десятків метрів). При цьому спостерігається підйом пилу (піску) в повітря і одночасно осідання пилу на великій території. Виникає зазвичай при сухій поверхні ґрунту і швидкості вітру 10 м/с і більше.

Актуальність дослідження визначається необхідністю виявлення причин виникнення, розвитку та тривалого збереження цього небезпечного явища.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи – визначення сучасного режиму утворення пилових бур над півднем України, виявлення метеорологічних та циркуляційних умов, які сприяли їх утворенню та посиленню, через значний вплив сильних та надзвичайних пилових бур [9] на для життя людей та економіку країни, а особливо на сільське господарство.

Особливий інтерес представляє вивчення великомасштабних пилових бур для південних областей України, де створюються сприятливі умови для виникнення подібних явищ: велика сухість і подрібненість поверхневого шару ґрунту, низька вологість повітря, високі температури (влітку) і сильні вітри. При посиленні вітру збільшується кількість піднятої в повітря пилу, а також погіршується видимість.

Об'єкт дослідження – пилові бурі на території півдня України.

Предмет дослідження – метеорологічні та синоптичні умови утворення пилових бур.

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

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

У вступі формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ містить в собі загальну інформацію про пилові бурі над Земною кулею, їх вплив на діяльність суспільства та географічний розподіл.

Другий розділ присвячений аналізу визначенню сучасного режиму та метеорологічних умов виникнення пилових бур над півднем України з 2005 по 2019 рр.

Третій розділ складається з характеристики синоптичних процесів та циркуляційних типів під час утворення сильних та тривалих пилових бур.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 27 літературних джерел.

У додатках наведені допоміжні матеріали.

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

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПИЛОВІ БУРІ

1.1 Визначення та географічний розподіл пилових бур

Пилова або чорна буря — явище, що спричинюється перенесенням сильним вітром великої кількості пилу (піску) і супроводжується значним погіршенням видимості (зазвичай на рівні 2 м вона складає від 1 до 9 км, але в ряді випадків може знижуватися до декількох сотень і навіть до кількох десятків метрів) [3, 7, 10]. Вона виникає під час посушливої погоди і посилення швидкості вітру до значень, за яких відбувається видування із підстильної поверхні часток пилу (піску). На утворення пилових бур впливають структура і рівень зволоженості ґрунту, наявність рослинного покриву а також орографія. Так, якщо вологість ґрунту у шарі 0-20 см становить понад 25 мм пилова буря виникає за швидкості вітру понад 15 м/с, а за вологості менше 10 мм, вона може виникати і за швидкості вітру 8-10 м/с [8]. За значної нестійкої стратифікації повітря частки пилу (піску), підняті з поверхні землі, під впливом конвективного перемішування можуть підніматися на значну висоту.

Горизонтальна протяжність районів, охоплених пиловою бурею, досить різна - від декількох сотень метрів до тисячі кілометрів і більше, а вертикальна - від декількох метрів до 6-7 км

При цьому спостерігається підйом пилу або піску в повітря і одночасно осідання пилу на великій території (рис. 1.1). Залежно від кольору ґрунту в даному регіоні, віддалені предмети набувають сіруватий, жовтуватий або червонуватий відтінок. Виникає зазвичай при сухій поверхні ґрунту і швидкості вітру 10 м/с і більше.

Величезного збитку багатьом галузям господарства завдає значне руйнування і видування ґрунту під дією пилових бур. У сільському господарстві пилові бурі призводять до часткової втрати або навіть до повної втрати родючості ґрунтів, спричиняють заноси культурних площ (посівів, садів, лісонасаджень), перенос шкідливих комах і паразитних грибків, видування насіння. Пилові бурі порушують і ускладнюють роботу всіх видів транспорту, пошкоджують будівлі, збільшують рівень захворювання, заносять водоймища і зрошувальні системи. З пиловими бурями часто пов'язана електризація атмосфери, яка впливає на радіозв'язок.



Рис. 1.1. Пилова буря в Австралії 22 листопада 2018 р. [17]

У вересні 2007 р., ВМО приєдналася до Конвенції Організації Об'єднаних Націй по боротьбі з опустелюванням (United Nations Convention to Combat Desertification [14]) з метою закликати до негайного глобальних заходів у відповідь на зростаючу кількість піщаних та пилових бур. Переговори в ході дев'ятої сесії Конференції Сторін (КС-9) Конвенції у Буенос-Айресі, Аргентина, з 22 по 24 вересня 2009 року, враховували Четверту оціночну доповідь Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), попередивши, що частота посух збільшуватиметься, особливо в посушливих регіонах світу.

Підчас цього заходу, величезні червоні піщані та пилові бурі, які виникли в глибинних центральних районах Австралії завдали удару по східному узбережжю. За даними Австралійського бюро метеорології, холодний фронт у Новому Південному Уельсі спричинив сильні грози та ураганні вітри, нагнітаючи пил з постраждалої від посухи частини Австралії. Буревій припинив повітряний рух, порушив роботу поромного та автомобільного транспорту і приховав з поля зору знаменитий Будинок опери у Сіднеї. Буря також викликали значне збільшення випадків астми та

інших респіраторних проблем і позбавила ґрунту внутрішні сільськогосподарські райони і винесла його в прибережний океан.

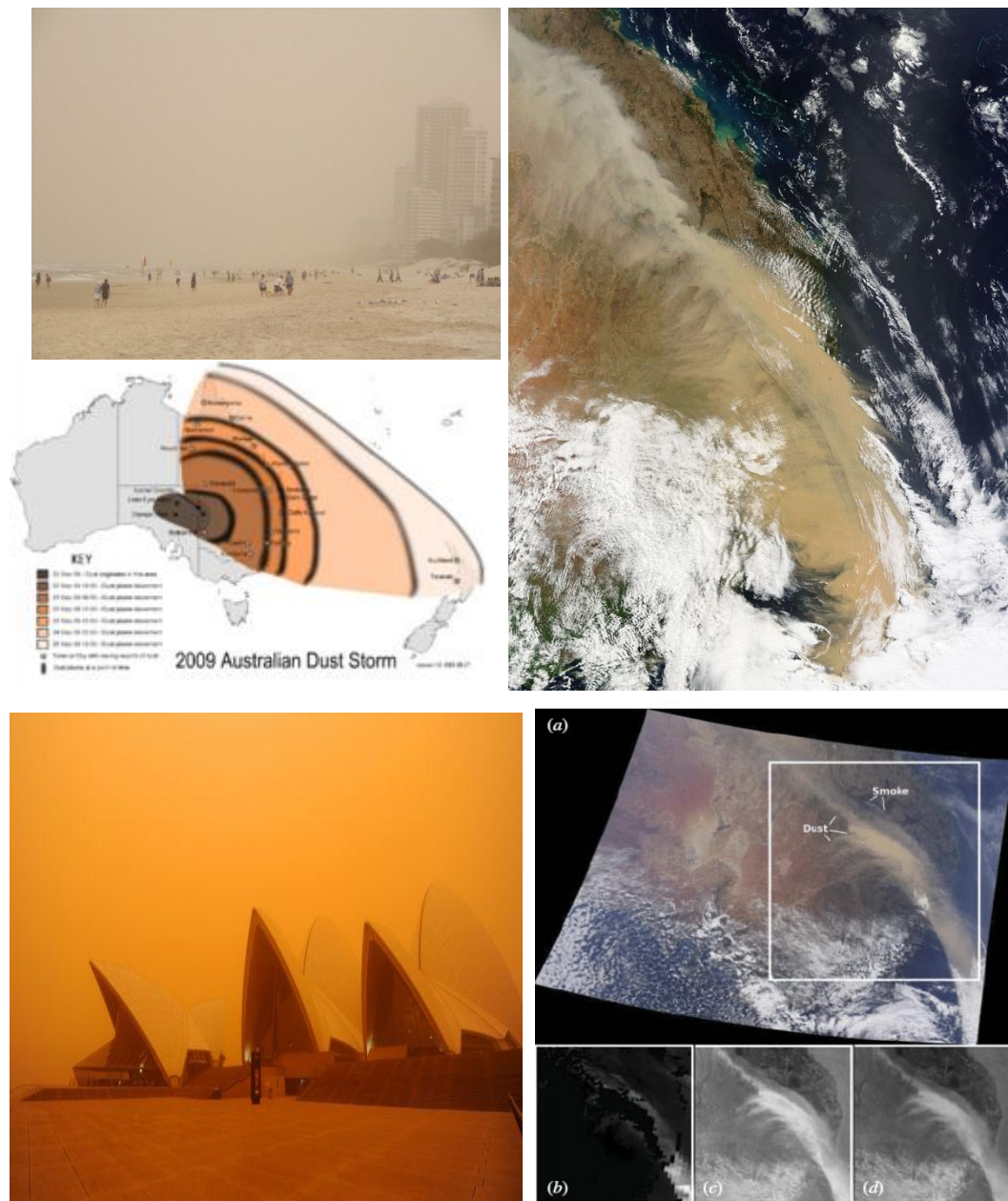


Рис. 1.2. Пилова буря в Австралії 2009 р. [23]

ВМО започатковує Консультативну та оціночну систему попередження щодо піщаних та пилових буревіїв з метою допомоги країнам у отриманні раних попереджень стосовно руйнівних піщаних та пилових бур по всьому світу. В даний час 12 оперативних або науково-дослідних центрів з питань піщаного та пилового прогнозування існують у всьому світі.

Всесвітня Метеорологічна організація (ВМО) в 2017 р випустила перший щорічний Бюлетень про повітряний пил [26], з оглядом рівня атмосферного пилу та його географічному поширенню в 2016 році.

ВМО створила Консультативну та оціночну систему попередження піщаних і пилових бур в 2007 році для поліпшення спостережень і збору інформації по повітряної пилу і забезпечення прогнозів на три дні вперед.

Спираючись на центральну роль метеослужб в моніторингу за якістю повітря, ВМО започаткувала мережу прогностичних центрів для посилення регіонального і міжнародного співробітництва. Центр прогнозів пилу в Барселоні забезпечує прогнози піщаних і пилових бур по Північній Африці, на Близькому Сході і в Європі, в той час як Азіатський центр працює в Пекіні в Китайському метеорологічному управлінні. Регіональний центр на Барбадосі відповідальний за Панамериканський регіон. Є плани і для регіонального центру в західній Азії, який охопив би Аравійський півострів.

Пилові бурі можуть переміщатися на тисячі кілометрів над континентами і океанами, захоплюючи на своєму шляху інші забруднюючі речовини і пересуваючи їх частки далеко від місця зародження. Вітри переносять пил з Сахари - найзначнішого джерела - на захід в Північну і Південну Америку, на північ до Європи і на схід до Китаю (рис. 1.3). А бурі, що зароджуються в Центральній Азії і Китаї, досягають Корейського півострова, Японії, тихоокеанських островів, Північної Америки та територій за їх межами.

Отже, на території Східної Європи та Азії, головним чином, підпадають під вплив бур райони Середньої Азії, Казахстану, дещо рідше – України, Середнього Поволжя, Північного Кавказу і Далекого Сходу. Звичайне явище представляють пилові бурі пустинних областей Північного і Північно-Західного Китаю, країн Малої Азії, Близького Сходу та Африки. Нерідко вони охоплюють великі простори і досягають ураганної сили. На Аравійському півострові і в Сахарі пилова буря має характер шквалу, який іноді супроводжується грозою (самум). Крім пилових бур, спостерігаються пилові вихори, які мають діаметр лише декількох метрів і досягають особливо великої інтенсивності в пустелях.

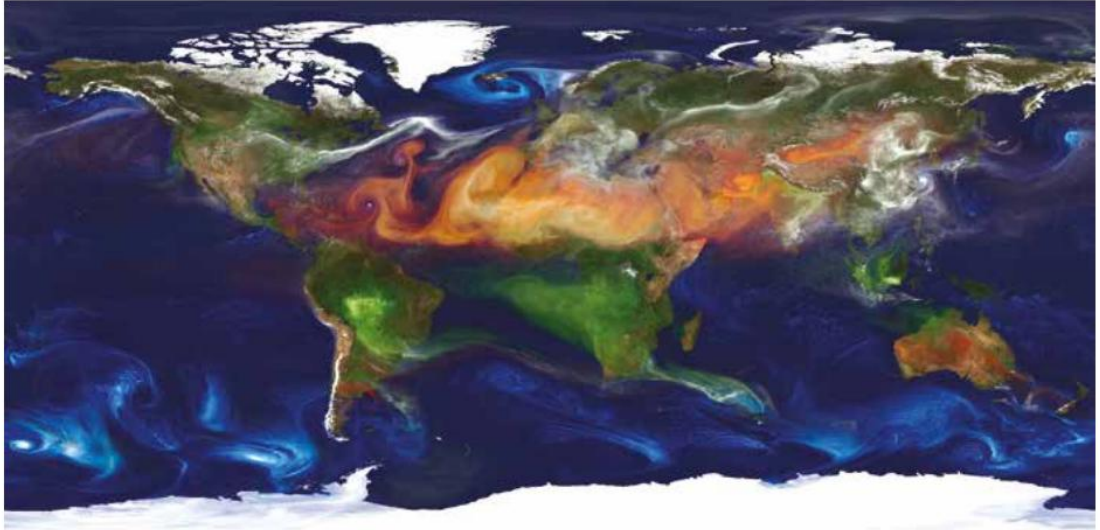


Рис. 1.3. Розподіл глобальних аерозолів, змодельована в системі GEOS-5 з роздільною здатністю, яка дорівнює 10 кілометрам

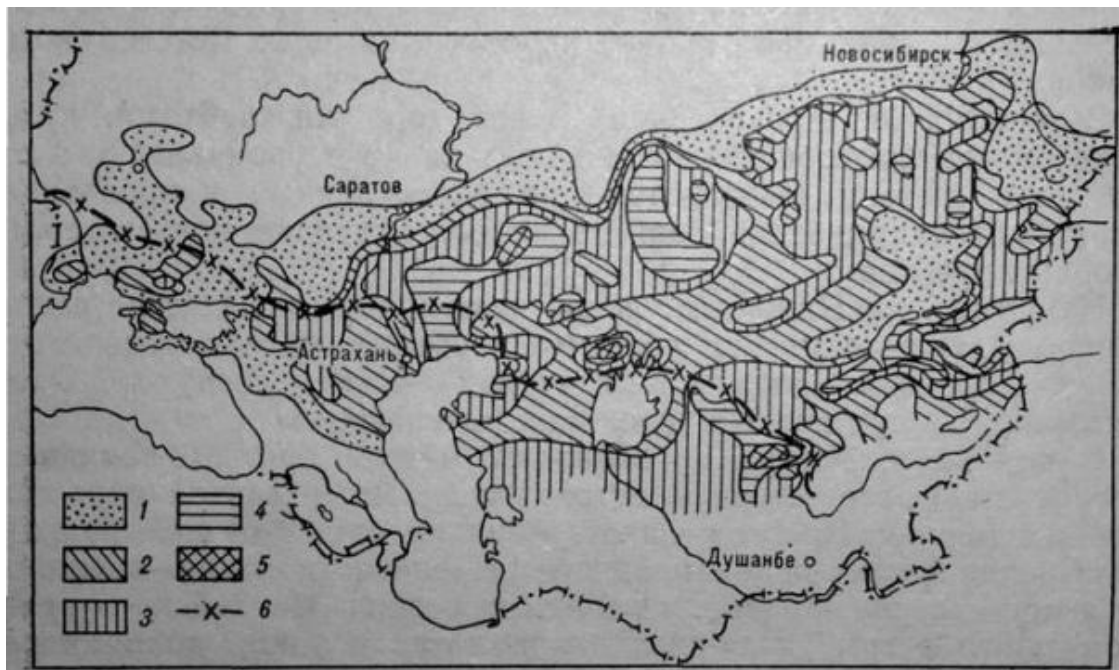


Рис.1.4. Розподіл пилових бур країнами СНД

1)1-5 днів, 2)6-10 днів, 3)11-20 днів, 4)20-40 днів, 5)40 днів,
6)межа стійкого снігового покриву [1]

Пилові бурі спостерігаються, як правило, у теплий період року. Так, на півдні і південному сході України бурі можуть відмічатися в період з березня

по вересень, у Приіртішші – з квітня по вересень, на рівнинній території Казахстану – з квітня по листопад [3]. Для південних районів Східної Європи і Казахстану найбільш небезпечним періодом року є весняні місяці (квітень-травень), коли верхні шари ґрунту ще не закріплені або слабо закріплені рослинним покривом. Однак пилові бурі можуть розвиватися і в холодний період року, в тому числі і в зимові місяці при нестійкій або невеликій висоті снігового покриву і відсутності опадів. Взимку в цих районах можливий розвиток своєрідних сніжно-піщаних поземків, при яких пісок і пил переносяться разом з сухим снігом.

Сильні пилові бурі, що охоплюють великі площі, спостерігаються на південному сході України і Північному Кавказі і тривають звичайно по декілька діб; на півдні Східної Європи такі бурі спостерігались у 1960, 1962, 1969, 1972 і 1974 рр. при швидкості вітру ураганної сили – $30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і більше. Особливо великі пошкодження були на полях, вільних від рослин, снігу і не захищених лісовими смугами.

1.2 Вплив пилу на здоров'я людини

Перенесення повітрям пилу завдає серйозну загрозу для здоров'я людини. Розмір частинок пилу є ключовим фактором, що визначає потенційну небезпеку для стану здоров'я. Частинки розміром більш ніж 10 мкм не є інгаліруєними, тому вони можуть пошкоджувати тільки зовнішні органи, викликаючи, в основному, роздратування шкіри і очей, кон'юнктивіт і підвищений ризик виникнення очної інфекції. Частинки пилу, розміром менше 10 мкм, часто потрапляють в ніс, рот і верхні дихальні шляхи, тому можуть викликати респіраторні розлади, такі як астма, трахеїт, пневмонія, алергічний риніт і силікоз. Однак більш дрібні частинки можуть проникати в нижні дихальні шляхи і потрапляти в кровообіг, де вони можуть впливати на всі внутрішні органи і викликати серцево-судинні порушення.

Згідно з оцінками глобальної моделі в 2014 році вплив пилових частинок стало причиною близько 400 000 передчасних смертей від серцево-легеневих захворювань у населення у віці понад 30 років [21].

Залежно від погоди і клімату пил може залишатися в повітрі в підвішеному стані кілька днів, приводячи до спалахів алергії на значній відстані від джерела.

Деякі інфекційні хвороби можуть передаватися через пил. Менінгококовий менінгіт (бактеріальна інфекція тонкого тканинного шару, який оточує мозок і спинний мозок) може привести до пошкодження головного мозку і до смерті в 50% випадків при відсутності лікування. Спалахи відбуваються в усьому світі, але найбільш висока захворюваність спостерігається в «поясі менінгіту», який охоплює частину Африки на південь від Сахари з населенням близько 300 мільйонів чоловік (рис. 1.5). Ці спалахи носять сильно сезонний характер - багато досліджень вказують на зв'язок умов навколишнього середовища, таких як низька вологість і пилові умови, з часом і місцем зараження.

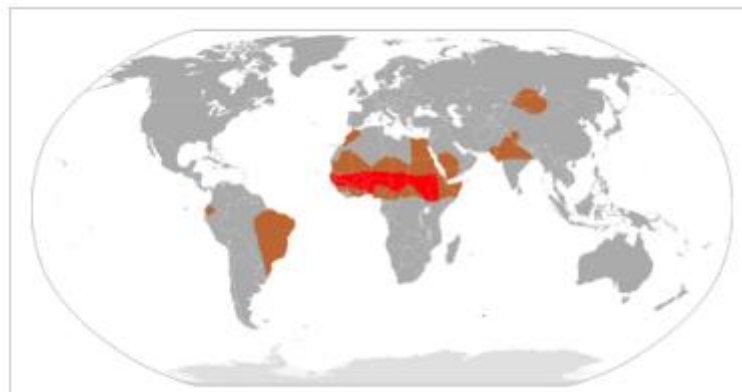


Рис. 1.5. На карті пояс менінгіту відзначений червоним кольором, регіони підвищеного ризику відзначені коричневим кольором, у всіх інших регіонах може спостерігатися більш низька частота спалахів і спорадичних випадків [21]

Дослідники вважають, що вдихання частинок пилу в жарку суху погоду може пошкодити слизову оболонку носа і горла, створюючи сприятливі умови для бактеріальної інфекції. Більш того, оксиди заліза, присутні в частинках пилу, можуть підвищити ризик зараження.

Пил також грає роль в передачі потенційно смертельної лихоманки долини Сан-Хоакін на південному заході Сполучених Штатів Америки і в

північній частині Мексики, виступаючи в якості переносника спор грибів *Coccidioides*.

1.3 Класифікації пилових бур, їх тривалість та добовий хід

У залежності від характеру, стану і особливостей атмосферної циркуляції повторюваність і тривалість їх розподілу по території нерівномірна. В одних районах вони виникають у 4-5 разів частіше, ніж у інших [3].

У добовому ході максимальна повторюваність пилових бур приходить переважно на полуденні та після полуденні години, мінімум – на другу половину ночі та ранок, що відповідає добовому ходу швидкості вітру і ходу ступеня нестійкості стратифікації нижніх шарів тропосфери.

За інтенсивністю розрізняють сильні пилові бурі, якщо видимість знижується до 500 м і менше, помірні (при видимості від 500 до 1000 м) і слабкі (видимість більше 1000 м).

За тривалістю пилової бурі і видимістю під час неї можна виділити такі основні типи пилових бур. Слід враховувати деяку умовність розподілу бур на різні категорії. Оскільки пилова буря характеризується двома компонентами – силою вітру і видимістю, то в одних випадках вирішальним буде вітер, в інших – видимість.

1. Короткочасні пилові бурі з відносно невеликим погіршенням видимості. Утворюються виключно локальними коливаннями режиму вітру, тривалість їх не перевищує 30 хв, а видимість зберігається у межах 3-4 км, часом збільшуючись до 6-10 км. Пилові бурі цього типу нерідко чергуються з пиловими поземками.

2. Короткочасні пилові бурі з сильним погіршенням видимості (від декількох сотень метрів до 10-20 км). Ці бурі звичайно пов'язані зі шквальними вітрами при проходженні чітко виражених холодних фронтів другого роду або грозових осередків. Ознакою наближення пилової бурі є сіра пилова завіса під купчасто-дощовими хмарами, коли вони ще знаходяться у межах видимості. Починаються майже раптово – при відносному затишші, швидкість вітру різко зростає, і одночасно переносяться хмари пилу різної вертикальної потужності. Слідом за першим раптовим

погіршенням видимості вона поступово збільшується до 1-2 км і більше, хоча швидкість вітру часто продовжує зростати. За тривалістю ці бурі подібні до бур першого типу.

3. Тривалі і пульсуючі бурі з переважанням відносно невеликого погіршення видимості (2-4 км). Періодичні короточасні коливання видимості звичайно відбуваються на великій території, у різних місцях і незалежно від часу доби. Тривалість пилових бур цього типу досягає декількох годин і навіть діб. Ці бурі формуються в умовах стійкого баричного поля з великими баричними градієнтами (південно-східна, південна і південно-західна периферія потужних малорухомих антициклонів).

4. Тривалі і сильні пилові бурі зі зменшенням видимості до декількох десятків метрів. Вони мають, як правило, велику горизонтальну і вертикальну протяжність. Тривалість такої бурі не менше 2-4 год.

5. Пиловий або піщаний поземок - перенос пилу або піску в шарі не більше 2 м від поверхні землі. Пилові поземки нетривалі і як самостійне явище спостерігаються порівняно рідко; найчастіше вони супроводжують пилову бурю. Піщані поземки – часте явище в пустелях, особливо при наявності на поверхні велико-зернистого піску. У деяких пустелях влітку піщаний поземок спостерігається майже щоденно, обмежуючись, в основному, нижнім півметровим шаром висоти. У холодну половину року піщані поземки можуть поєднуватися з пиловими і піщаними бурями третього типу, звичайно це відбувається на південній периферії малорухомих обширних антициклонів при швидкостях вітру близько $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і більше.

2 РЕЖИМ УТВОРЕННЯ ПИЛОВИХ БУР НАД ПІВДНЕМ УКРАЇНИ

2.1 Географічний розподіл пилових бур над Україною

Оскільки понад дві треті земель в Україні займають поля і луки, та з них на 220 тис. км² це ґрунт схильний до сильної ерозії, тому плодоносний шар знаходиться під загрозою повного руйнування через можливе утворення сильних пилових бур.

Згідно [9] пилова буря формує жовтий рівень небезпеки (НМЯ I) при швидкості вітру ≥ 12 м/с та тривалості від 3 до 12 год. Найнебезпечний червоний рівень (СМЯ III) буде складатися якщо швидкість перенесення пилу буде перевищувати 20 м/с більше доби (> 24 год.).

Під час пилової бурі необхідно слідкувати за змінюванням швидкості вітру від початку до закінчення явища з метою визначення середньої та максимальної швидкості й напрямку вітру у випадках виникнення НЯ (СГЯ). Під час пилової бурі треба також відмічати напрям її переміщення в районі станції (за вісьмома румбами).

Чітко окреслити район розповсюдження пилової бурі складно, тому що це надзвичайно міграційне явище. Пилова буря у переважній більшості випадків виникає на великих площах. У південних і східних областях вона може охоплювати значну територію, на півночі і заході має локальний характер і спостерігається на території двох-трьох районів. Сильна (стихійна) пилова буря (за швидкості вітру 15 м/с та більше протягом 12 год. і більше) розповсюджується одночасно на декілька областей.

Пилові бурі над Україною виникають не щорічно [7]. Щодо стихійних пилових бур, то вони спостерігаються у 30-40 % випадків. Стихійні пилові бурі найчастіше (30–35 % за місяць) відмічають наприкінці зими – на початку весни, але у південних і південно-східних регіонах можуть бути і зимою. У північних і західних областях пилові бурі можливі наприкінці весни і на початку літнього сезону, у південних областях – переважно навесні. Цьому сприяє раннє сходження снігового покриву, швидше нагрівання ґрунту, тривале бездощів'я і посилення вітру. Крім того, у цей сезон рослини ще не утворюють суцільного покриву і мають слабо розвинену кореневу систему.

У межах України виділяються три осередки пилових бур [7]:

- перший із центром поблизу Херсона - Каховки;

- другий - у районі Луганська;

- третій — у північно-західній частині Одеської області з центром біля Сарати – Болграда.

Пилові бурі, що виникають поблизу Херсона, досить часто поширюються у напрямі Клепиніне-Мелітополь-Запоріжжя. Коефіцієнт кореляції числа днів із пиловою бурею між станціями, розміщеними на відстані до 300 км, становлять $0,5 \pm 0,13$. Пилові бурі другого осередку від Луганська поширюються у напрямі Артемівськ - Амвросіївка - Волноваха - Кирилівка - Гуляйполе. Значення коефіцієнта кореляції тут приблизно таке ж, як і у першому осередку. У розподілі середнього числа днів з пиловою бурею відмічається велика строкатість, що відповідає характеру розподілу швидкості вітру. Найчастіше пилові бурі спостерігаються у районах Херсона - Нової Каховки - Мелітополя - Запоріжжя - Нікополя, де у середньому за рік число днів з пиловою бурею досягає понад 10.

Тут за рік спостерігається 60-70 днів із швидкістю вітру понад 12 м/с, а опадів випадає дуже мало. У Лісостепу найбільша повторюваність пилової бурі відмічається на Придніпровській низовині, на Поліссі вона дещо збільшується на вододілах річок. У заплавах річок, долинах і улоговинах, де ґрунт задернований і вітер трохи слабший, пилових бур небагато. У північній і північно-західній частинах території пилові бурі відмічаються один раз у 10 років. В Українських Карпатах і Кримських горах пилових бур не зафіксовано.

Найбільше число днів з пиловою бурею (понад 40) відмічається у Степу, зокрема, у центральних районах Запорізької і Херсонської областей (рис.2.1)

У районах, де пилові бурі бувають часто, середнє квадратичне відхилення числа днів із пиловою бурею досягає найбільшого значення (6-9 днів), а де пилові бурі спостерігаються не щорічно або бувають всього 1-2 дні за рік, воно коливається у межах 0,5-2,0 дні. Другий максимум відмічається весною (квітень, травень).

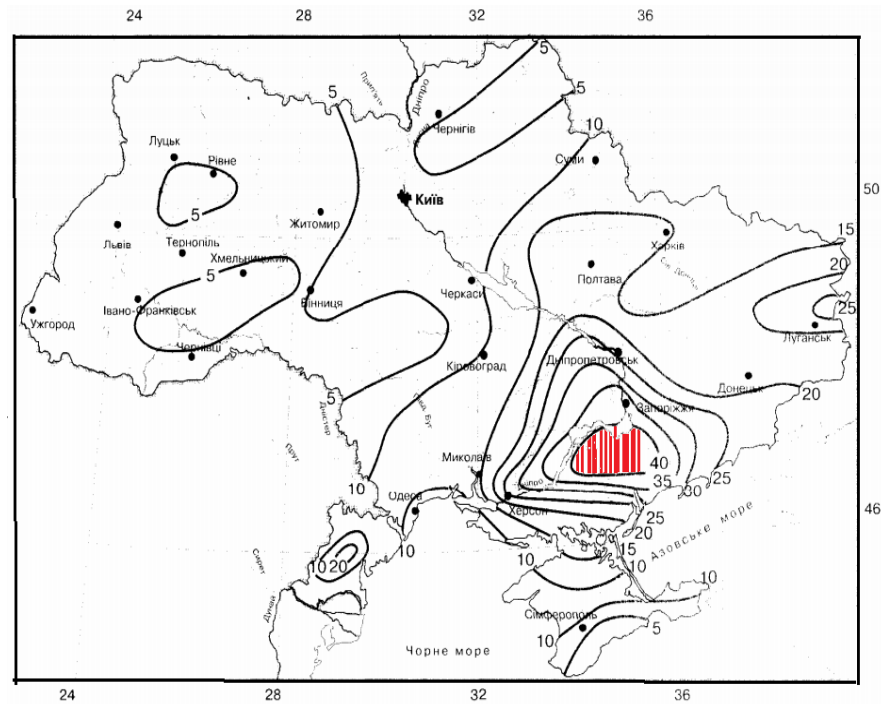


Рис. 2.1. Найбільше число днів з пиловою бурею на рік [7]

Зимом пилові бурі виникають через відсутність снігового покриву або дуже малу його висоту, після встановлення періоду з низькою температурою повітря і слабким зволоженням ґрунту з осені. Зимом пилові бурі відмічаються у 60 % років і зазвичай виникають за наявності незначного снігового покриву або його відсутності. Видування ґрунту зимою (чорні бурі) відбувається у роки із низькою температурою повітря і за слабого зволоження ґрунту з осені. У літні місяці пилові бурі мають переважно місцевий характер і охоплюють незначні площі.

2.2 Повторюваність та метеорологічні умови утворення пилових бур на півдні України у 2005-2019 рр.

Для дослідження режиму та умов утворення пилових бур над півднем України обраний період від 2005 р. до кінця листопада 2019 р. В якості вихідних даних залучені метеорологічні спостереження на ст. Одеса-ГМО, Дунайська ГМО (Ізмаїл), Миколаїв, Херсон, Запоріжжя, Мелітополь та Нова Каховка [24].

За вказаний період спостерігалось 51 випадків виникнення пилової бури, але лише 23 березня 2007 р. це явище відмічалось над одночасно над

Одесою, Миколаєвом, Херсоном (табл. 2.1), Запоріжжям та Новою Каховкою (табл. 2.2). Більшість випадків – локальне короткочасне підняття пилу у повітря. Наприклад, гроза разом з пиловою бурєю фіксувалася над Одесою тричі, 5 разів над Ізмаїлом та двічі над Херсоном. У цьому разі під час розвитку купчасто-дощової хмарності спостерігається посилення вітру перед початком опадів, який підіймав пил поблизу метеостанції.

Таблиця 2.1 – Метеорологічні умови під час пилових бур над Одесою, Ізмаїлом, Миколаєвом та Херсоном

Одеса 33837	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	TR
11.03.2019 14:00	Слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години.	4,1	14,7	40	ПнЗ	5		18		
10.07.2015 11:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	10,0	17,3	94	ЗПнЗ	2				
19.4.2014 0:00	Сильна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	6,0	11,8	94	СхПдСх	2				
15.10.2013 17:00	Сильна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	0,8	12,4	100	ПдПдСх	2				
15.06.2013 20:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	10,0	20,1	97	ПдСх	3			3	12
30.04.2011 20:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	27,0	14,6	77	З	3			17	12
19.12.2007 17:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але	17,0	0,0	86	ПнСх	3				
23.03.2007 20:00	Слабка або помірна пилова буря, яка ослабла за останню годину.	4,0	8,8	59	ПнСх	17	28	26		
23.03.2007 17:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	0,4	9,0	60	ПнСх	18				
Ізмаїл 33889	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	TR
28.05.2012 20:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	9,0	15,3	93	ПнПнСх	2			18	12
16.04.2012 20:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	10,0	14,0	87	ПдЗ	2			8	12
21.05.2011 20:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	20,0	16,7	82	ПнСх	3			2	12
27.06.2007 02:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	20,0	23,9	74	ПдЗ	7			0,4	6
11.06.2006 20:00	Пилова буря в поле зору в строк спостереження або на станції протягом останньої години.	20,0	18,9	65	ПнЗ	3			5	12
Миколаїв 33846	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	TR
19.01.2010 23:00	Слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години.	10,0	-5,2	78	СхПнСх	9				
24.03.2007 23:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але	4,0	9,9	52	ПнСх	7				
24.03.2007 20:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але	4,0	8,7	69	ЗПнЗ	2				
24.03.2007 17:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але	1,5	11,5	42	Сх	6				
24.03.2007 14:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але	1,1	10,8	40	ПдСх	9		20		
24.03.2007 11:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але	4,0	11,4	42	СхПдСх	12				
24.03.2007 05:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	2,0	6,2	57	Сх	14				
24.03.2007 02:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	1,4	7,7	53	Сх	14		24		
23.03.2007 23:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	1,3	8,4	52	Сх	17				
23.03.2007 17:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	0,5	12,7	30	Сх	17				
23.03.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години.	0,7	14,3	24	СхПдСх	18		29		
Херсон 33902	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	TR
30.01.2012 23:00	Слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години.	2,0	-8,8	76	ПнСх	8				
15.06.2011 18:00	Гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження.	10,0	24,5	57	ЗПнЗ	2				
04.06.2007 06:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	4,0			СхПдСх	0				
24.03.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	1,0	9,5	51	Сх	12				
24.03.2007 11:00	Слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години.	1,0	10,5	44	Сх	12				
23.03.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	1,0	12,3	34	СхПдСх	18	24			
23.03.2007 11:00	Слабая или умеренная пыльная или песчаная буря началась или усилилась в течение часа.	2,0	12,8	37	СхПдСх	14				
13.12.2005 08:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	4,0			ЗПдЗ	0				

Над всіма станціями, крім Ізмаїла, пилові бурі утворювалися переважно (71 %) у холодне півріччя, з найбільшою повторюваністю у березні (30 випадків або 59 %).

В березні пилові бурі утворювалися над всіма пунктами, крім Ізмаїла, завдяки виникненню сильної бурі 22-24 березня 2007 р. Другий за активністю місяць – червень, коли виникло 5 випадків, а саме двічі пилові бурі

спостерігалися над Ізмаїлом та Херсоном і по одному разу над Одесою (рис. 2.2). Далі, по 4 та 3 пилових бурі припадало на квітень та січень – два явища над Одесою у квітні, та по одному над Миколаєвом, Херсоном та Запоріжжям у січні і також по одному над Ізмаїлом та Херсоном. Жодного разу не відмічалися пилові бурі на півдні України з 2005 по 2019 рр. у лютому, вересні та листопаді.

Таблиця 2.2 – Метеорологічні умови під час пилових бур над Запоріжжям, Новою Каховкою та Мелітополем

Запоріжжя 34601	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	tr
11.04.2014 20:00	Пилова буря в поле зору в строк спостереження або на станції протягом останньої години.	10,0	2,6	82	Сх	8				
23.03.2007 17:00	Слабая или умеренная пыльная или песчаная буря без заметного изменения в течение часа.	5,0	12,0	39	Сх	13				
23.03.2007 14:00	Пил або пісок, підняті вітром на або поблизу станції в термін спостереження, але не в полі зору в строк спостереження.	4,5	14,2	31	Сх	12		20		
19.12.2006 17:00	Сильна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	0,1	1,4	92						
20.01.2006 17:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	2,0	-24,4	72	ЗПнЗ	10				
Нова Каховка 33869	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	tr
9.3.2005 14:00	Слабая или умеренная пыльная или песчаная буря ослабла за последний час.	19,0								
19.03.2005 14:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	17,0	3,6	35	ПнЗ	7				
10.08.2006 02:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	4,0	20,0		3	1				
23.03.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	0,5	10,9	43	ПдСх	10	23	24		
23.03.2007 17:00	Сильная пыльная или песчаная буря ослабла за последний час.	0,7	10,8	43	СхПдСх	19				
23.03.2007 20:00	Слабка або помірна пилова буря, яка послабла протягом останньої години.	4,0	8,8	54	СхПдСх	17				
24.3.2007 11:00	Слабая или умеренная пыльная или песчаная буря началась или усилилась в течение часа.	0,8	10,1	54	СхПдСх	14				
24.3.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря, яка почалась або посилилась протягом останньої години.	0,7	10,1	53	ПдСх	7		27		
20.7.2013 17:00	Пиловая буря в полі зору в строк спостереження або на станції протягом останньої години.	18,0	22,3	63	ПнПнЗ	7				
Мелітополь 34704	WW	VV	T	U	DD	Ff	ff10	ff3	RRR	tr
23.03.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	2,0	13,5	38	Сх	5				
23.03.2007 20:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	3,7	8,8	54	СхПнСх	6				
24.03.2007 02:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	3,8	6,1	64	СхПнСх	8				
24.03.2007 14:00	Слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години.	0,5	13,2	38	СхПнСх	6				

По роках виникнення пилових бур було нерівномірним, а саме 60 % всіх епізодів з 2005 по 2019 рр. спостерігалось у 2007 р. У періоди 2008-2009 та 2016-2018 рр. над півднем України жодного разу не фіксувалися пилові бурі, навіть короточасні. У решті роки кількість пилових бур на рік становила від 1 до 4 разів, з найбільшою активністю у 2006 р. – 2 випадки над Запоріжжям (грудень і січень), та по одному разу над Ізмаїлом (червень) та Новою Каховкою (серпень). Тричі на рік явище виникало у 2005, 2011 і 2012 рр., двічі – 2013, 2014 і 2019 рр., та по одному випадку на рік – 2010 і 2015 рр.

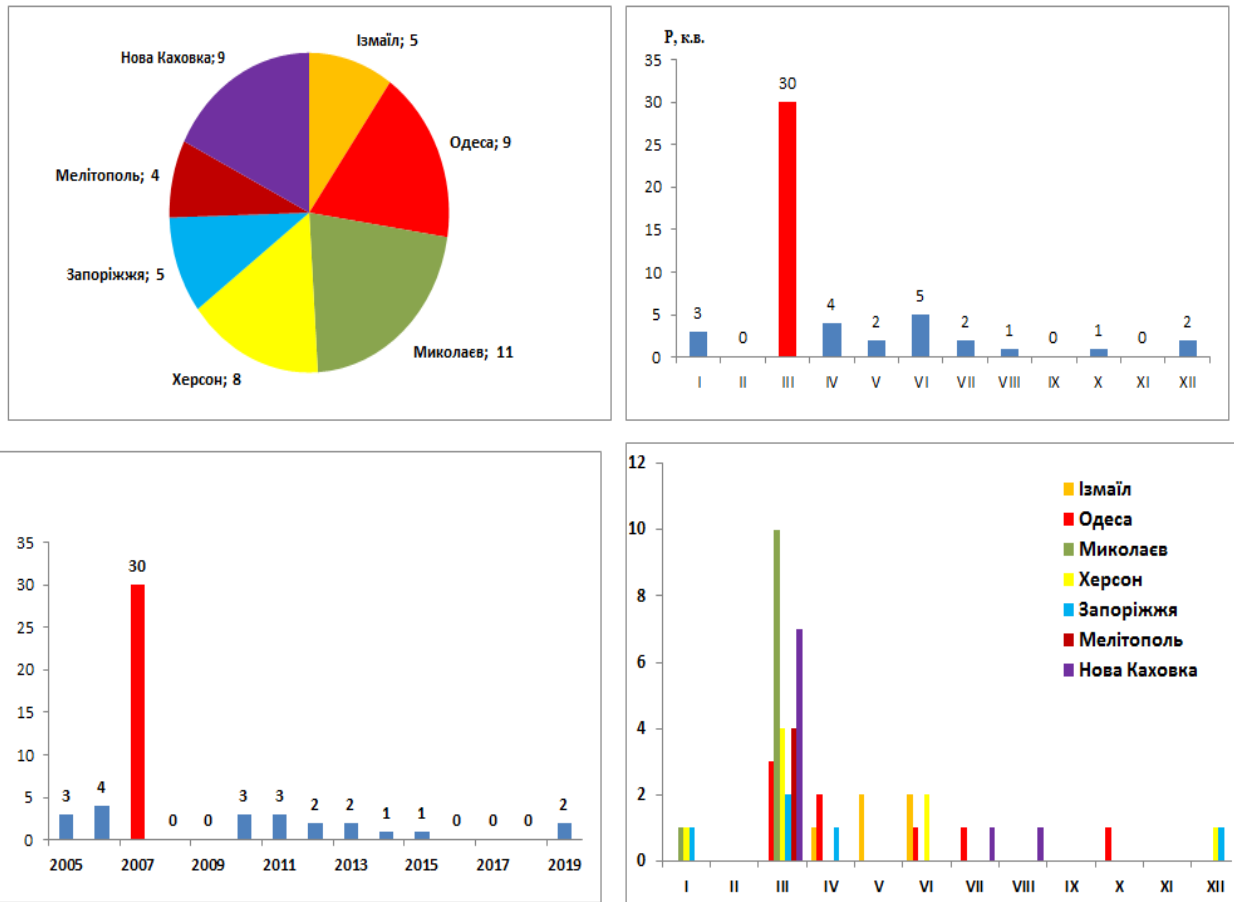


Рис. 2.2. Повторюваність (P, к.в.) пилових бур на півдні України по місяцях та роках (2005-2019 рр.)

На ст. Одеса-ГМО 11.03.2019 р. о 14:00 та 23.03.2007 р. з 17:00 до 20:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години. 11.03.2019 р. горизонтальна дальність видимості була 4,1 км, температура повітря дорівнювала 14,7°C, відносна вологість 40%, вітер ПнЗ напрямку зі швидкістю 5 м/с, максимальне значення пориву вітру на висоті 10-12 м над землею поверхнею за період між строками спостереження складала 18 м/с.

На ст. Одеса-ГМО 23.03.2007 р. з 17:00 до 20:00 горизонтальна видимість складала від 0,4 до 4,0 км, температура повітря змінилася з 9,0°C до 8,8°C, відносна вологість змінилась від 60 до 59%, вітер ПнСх напрямку зі швидкістю 18-17 м/с. 23.03.2007 р. о 20:00 максимальне значення пориву вітру на висоті 10-12 м над землею поверхнею за 10-хвилинний період

безпосередньо попередньо строку спостереження дорівнювала 28 м/с, а максимальне значення поривів вітру за період між строками складала 26 м/с.

На ст. Одеса-ГМО 10.07.2015 р., 15.06.2013 р. та 30.04.2011 р. спостерігалася гроза разом з пильною бурею в строк спостереження. 10.07.2015 р. о 11:00 горизонтальна видимість дорівнювала 10,0 км, температура повітря складала 17,3°C, відносна вологість 94%, вітер ЗПнЗ напрямку зі швидкістю 2 м/с. 15.06.2013 р. о 20:00 горизонтальна видимість складала 10,0 км, температура повітря дорівнювала 20,1°C, відносна вологість 97%, вітер ПдСх напрямку зі швидкістю 3 м/с, кількість опадів, що випали складала 3 мм за 12 год. 30.04.11 р. о 20:00 горизонтальна видимість складала 27,0 км, температура повітря 14,6°C, відносна вологість 77%, вітер З напрямку зі швидкістю 3 м/с, кількість опадів, що випала складала 17 мм за 12 год.

На ст. Одеса-ГМО 19.04.2014 р., 15.10.2013 р. та 19.12.2007 р. спостерігалася сильна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години. 19.04.2014 р. о 0:00 горизонтальна видимість становила 6,0 км, температура повітря дорівнювала 11,8°C, відносна вологість 94%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 2 м/с. За даними архіву погоди на гр5 спостерігався серпанок. 15.10.2013 р. о 17:00 горизонтальна видимість складала 0,8 км, температура повітря дорівнювала 12,4°C, відносна вологість 100%, вітер ПдПдСх напрямку зі швидкістю 2 м/с. 19.12.2007 р. о 17:00 горизонтальна видимість складала 17,0 км, температура повітря дорівнювала 0,0°C, відносна вологість 86%, вітер ПнСх напрямку зі швидкістю 3 м/с. За даними архіву погоди на гр5 спостерігалася хуртовина.

На ст. Миколаїв 19.01.2010 р. о 23:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години. Горизонтальна видимість складала 10,0 км, температура повітря -5,2°C, відносна вологість 78%, вітер СхПнСх напрямку зі швидкістю 9 м/с. За даними архіву погоди на гр5 спостерігалася хуртовина.

На ст. Миколаїв 24.03.2007 р. з 11:00 до 23:00 спостерігалася пил або пісок, який був піднятий вітром на або поблизу станції в термін спостереження але немає добре розвиненого пилового вихору і ніякої пилової бурі не видно. 24.03.2007 р. о 23:00 горизонтальна видимість складала 4,0 км, температура повітря дорівнювала 9,9°C, відносна вологість

52%, вітер ПнСх напрямку зі швидкістю 7 м/с. 24.03.2007 р. о 20:00 горизонтальна видимість складала 4,0 км, температура повітря дорівнювала 8,7°C, відносна вологість 69%, вітер ЗПнЗ напрямку зі швидкістю 2 м/с. 24.03.2007 р. о 17:00 горизонтальна видимість складала 1,5 км, температура повітря дорівнювала 11,5°C, відносна вологість 42%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 6 м/с. 24.03.2007 р. о 14:00 горизонтальна видимість складала 1,1 км, температура повітря 10,8°C, відносна вологість 40%, вітер ПдСх напрямку зі швидкістю 9 м/с., максимальне значення поривів вітру за період між строками складала 20 м/с. 24.03.2007 р. о 11:00 горизонтальна видимість складала 4,0 км, температура повітря дорівнювала 11,4°C, відносна вологість 42%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 12 м/с.

На ст. Миколаїв з 23.03.2007 р. з 14:00 до 23:00 по 24.03.2007 р. з 02:00 до 05:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години. 24.03.2007 р. о 05:00 горизонтальна видимість складала 2,0 км, температура повітря дорівнювала 6,2°C, відносна вологість 57%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 14 м/с. 24.03.2007 р. о 02:00 горизонтальна видимість складала 1,4 км, температура повітря дорівнювала 7,7°C, відносна вологість 53%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 14 м/с, максимальне значення поривів вітру за період між строками складала 24 м/с. 23.03.2007 р. о 23:00 горизонтальна видимість складала 1,3 км, температура повітря дорівнювала 8,4°C, відносна вологість 52%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 17 м/с. 23.03.2007 р. о 17:00 горизонтальна видимість складала 0,5 км, температура повітря дорівнювала 12,7°C, відносна вологість 30%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 17 м/с. 23.03.2007 р. о 14:00 горизонтальна видимість складала 0,7 км, температура повітря дорівнювала 14,3°C, відносна вологість 24%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 18 м/с, максимальне значення поривів вітру за період між строками складала 29 м/с.

На ст. Херсон 30.01.2012р. о 23:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години. Горизонтальна видимість складала 2,0 км, температура повітря дорівнювала - 8,8°C, відносна вологість 76%, вітер ПнСх напрямку зі швидкістю 8 м/с. За даними архіву погоди на [24] спостерігалася хуртовина. 4.06.2007 р. о 06:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка ослабла за останню

годину. Горизонтальна видимість складала 4,0 км, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 0 м/с, за даними [24] спостерігався пил.

На ст. Херсон 15.06.2011 р. о 18:00 була гроза разом з пиловою бурєю в строк спостереження. Горизонтальна видимість складала 10,0 км, температура повітря дорівнювала 24,5°C, відносна вологість 57%, вітер ЗПнЗ напрямку зі швидкістю 2 м/с.

На ст. Херсон з 11:00 23.03.2007 р. до 14:00 24.03.2007 р. спостерігалася слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години. 24.03.2007 р. о 14:00 горизонтальна видимість складала 1,0 км, температура повітря дорівнювала 9,5°C, відносна вологість 51%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 12 м/с. 24.03.2007 р. о 11:00 горизонтальна видимість складала 1,0 км, температура повітря дорівнювала 10,5°C, відносна вологість 44%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 12 м/с. 23.03.2007 р. о 14:00 горизонтальна видимість складала 1,0 км, температура повітря дорівнювала 12,3°C, відносна вологість 34%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 18 м/с, максимальне значення пориву вітру на висоті 10-12 м над земною поверхнею за 10-хвилинний період безпосередньо попередньо строку спостереження дорівнювала 24 м/с. 23.03.2007 р. о 11:00 горизонтальна видимість складала 2,0 км, температура повітря дорівнювала 12,8°C, відносна вологість 37%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 14 м/с.

У грудні 2005 р. на ст. Херсон (13.12.2005 р.) о 08:00 горизонтальна видимість складала 4,0 км, вітер ЗПдЗ напрямку зі швидкістю 0 м/с, за даними [24] спостерігався пил перед купчасто-дощовими хмарами. (Сб).

На ст. Запоріжжя 11.04.2014 р. о 20:00 спостерігалася пилова буря, яка в поле зору в загальному не змінилася або на станції протягом останньої години. Горизонтальна видимість складала 10,0 км, температура повітря дорівнювала 2,6°C, відносна вологість 82%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 8 м/с.

На ст. Запоріжжя 23.03.2007 р. о 17:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години. Горизонтальна видимість складала 5,0 км, температура повітря дорівнювала 12,0°C, відносна вологість 39%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 13 м/с.

На ст. Запоріжжя 23.03.2007 р. о 14:00 спостерігалася пил або пісок, яка була піднята вітром на або поблизу станції в термін спостереження.

Горизонтальна видимість складала 4,5 км, температура повітря дорівнювала 14,2°C, відносна вологість 31%, вітер Сх напрямку зі швидкістю 12 м/с, максимальне значення поривів вітру за період між строками складала 20 м/с.

На ст. Запоріжжя в 2006 р. о 17:00 19.02.2006 р. спостерігалася сильна пилова буря, яка ослабла за останню годину. Горизонтальна видимість складала 0,1 км, температура повітря дорівнювала 4,1°C, відносна вологість 92%. За даними архіву погоди [24] спостерігався туман. 20.01.2006 р. о 17:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка ослабла за останню годину. Горизонтальна видимість складала 2,0 км, температура повітря дорівнювала 24,4°C, відносна вологість 72%, вітер ЗПнЗ напрямку зі швидкістю 10 м/с, спостерігалася хуртовина.

На ст. Ізмаїл 28.05.2012 р., 16.04.2012 р., 21.05.2011р. та 27.06.2007 р. спостерігалася гроза разом з пильною або піщаною бурею. 28.05.2012 р. о 20:00 горизонтальна видимість складала 9,0 км, температура повітря дорівнювала 15,3°C, відносна вологість 93%, вітер ПнПнСх напрямку зі швидкістю 2 м/с, кількість опадів, що випали складала 18 мм за 12 год. 16.04.2012 р. о 20:00 горизонтальна видимість складала 10,0 км, температура повітря дорівнювала 14,0°C, відносна вологість 87%, вітер ПдЗ напрямку зі швидкістю 2 м/с, кількість опадів, що випали складала 8 мм за 12 год. 21.05.2011 р. о 20:00 горизонтальна видимість складала 20,0 км, температура повітря дорівнювала 16,7 °С, відносна вологість 82%, вітер ПдСх зі швидкістю 3 м/с, кількість опадів, що випали складала 2 мм за 12 год. 27.06.2007 р. о 02:00 горизонтальна видимість складала 20,0 км, температура повітря дорівнювала 23,9 °С, відносна вологість 74%, вітер ПдЗ напрямку зі швидкістю 7 м/с, кількість опадів, що випали складала 0,4 мм за 12 год.

11.06.2006 р. в Ізмаїлі о 20:00 спостерігалася пилова або піщана буря, яка в поле зору в загальному не змінилася або на станції протягом останньої години. Горизонтальна видимість складала 20,0 км, температура повітря дорівнювала 18,9°C, відносна вологість 65%, вітер ПдЗ напрямку зі швидкістю 3 м/с, кількість опадів, що випали складала 5 мм за 12 год.

На ст. Нова Каховка у березні 2005 р. двічі виникала пилова буря – 9 та 19 березня 2005 р., так 9.03.2005 р. о 14:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка ослабла за останню годину, з горизонтальною видимістю 19,0 км. Інший випадок слабкої або помірної пилової бурі фіксувався

19.03.2005 р. о 14:00, горизонтальна видимість становила 17 км, температура повітря дорівнювала 3,6°C, вітер ПнЗ напрямку зі швидкістю 7 м/с.

На ст. Нова Каховка 10.08.2006 р. о 02:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка ослабла за останню годину. Горизонтальна видимість складала 4,0 км, температура повітря дорівнювала 20,0°C, вітер західний зі швидкістю 1 м/с.

На ст. Нова Каховка також відмічалася тривала пилова буря з 23 по 24 березня 2007 р., та о 14:00 23.07.07 р. спостерігалася слабка або помірна пилова буря без помітної зміни протягом останньої години. Горизонтальна видимість становила 0,5 км, температура повітря дорівнювала 10,9 °С, відносна вологість 43%, вітер ПдСх напрямку зі швидкістю 10 м/с, максимальне значення пориву вітру на висоті 10-12 м над земною поверхнею за 10-хвилинний період безпосередньо попередньо строку спостереження дорівнювала 23 м/с, а максимальне значення поривів вітру за період між строками досягала 24 м/с. Далі, о 17:00 спостерігалася сильна пилова буря, яка ослабла за останню годину, горизонтальна видимість становила 0,7 км, температура повітря - 10,8°C, відносна вологість 43%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 19 м/с. Ввечері цієї доби на ст. Нова Каховка о 20:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка ослабла за останню годину. Горизонтальна видимість - 4,0 км, температура повітря 8,8°C, відносна вологість 54%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю 17 м/с.

На ст. Нова Каховка 24.03.2007 р. з 11:00 до 14:00 спостерігалася слабка або помірна пилова буря, яка почалася або посилилася протягом останньої години. Горизонтальна видимість складала 0,7-0,8 км, температура повітря дорівнювала 10,1°C, відносна вологість 53-54%, вітер СхПдСх напрямку зі швидкістю від 7 до 14 м/с, максимальне значення поривів вітру за період між строками складала 27 м/с.

Остання пилова буря на ст. Нова Каховка була 20.07.2013 р. о 17:00, горизонтальна видимість складала 18,0 км, температура повітря дорівнювала 22,3°C, відносна вологість 63%, вітер ПнПнЗ напрямку зі швидкістю 7 м/с.

На ст. Мелітополь пилова буря фіксувалася лише 23 і 24 березня 2007 р., в першу добу вона спостерігалася з 14:00 до 20:00 як слабка або помірна без помітної зміни протягом останньої години, горизонтальна видимість складала від 2,0 до 3,7 км, температура повітря змінювалась з 13,5 до 8,8°C ,

відносна вологість складала 38-54%, вітер змінювався с Сх на СхПнСх напрямку зі швидкістю 5-6 м/с. У наступну добу з 02:00 до 14:00 спостерігалася на ст. Мелітополь слабка пилова буря без помітної зміни протягом останньої години з горизонтальної видимістю від 3,8 км до 0,5 км, температура повітря змінювалась з 6,1 до 13,2°C, відносна вологість складала 64-38%, вітер СхПнСх напрямку зі швидкістю 6-8 м/с.

Порівняння кількості днів у період дослідження (15 років) з попереднім кліматичним періодом (рис. 2.3) виявило суттєве збільшення, більш ніж удвічі, випадків формування явища над Ізмаїлом та Одесою, а також незначне (1,4 проти 1,5 дні) над Миколаєвом. Над рештою пунктів, у східному напрямку, пилові бури утворювалися з 2005 по 2019 рр. менш частіше, ніж у [7], а на ст. Нова Каховка кількість днів з пиловою бурею зменшилася більш ніж удвічі – з 4,1 до 2,0 дня на рік у середньому за період.

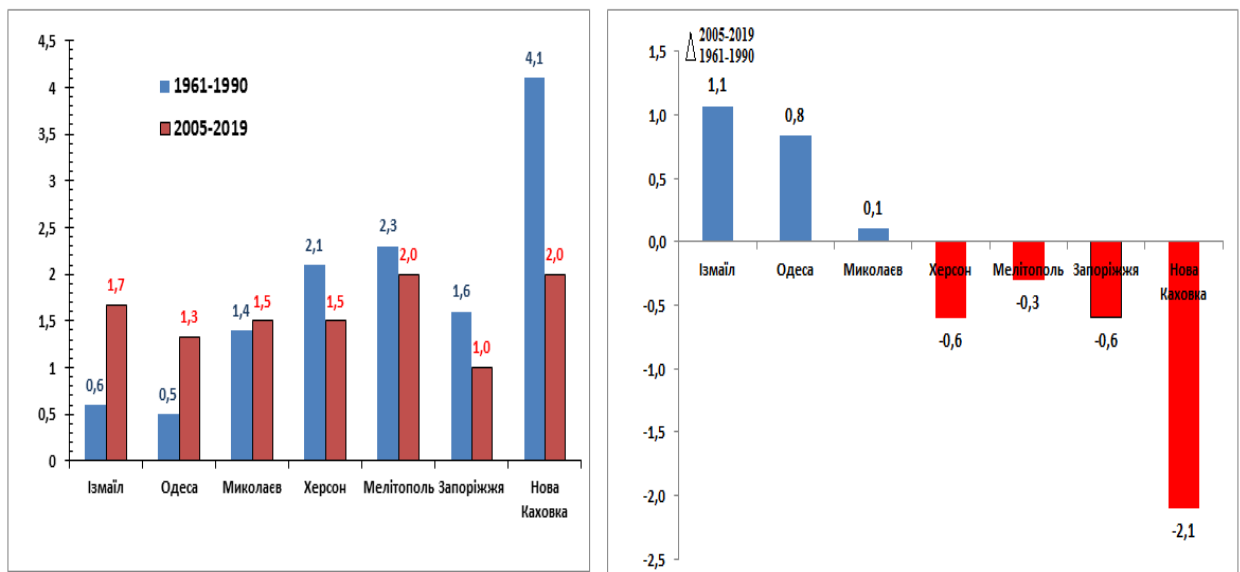


Рис. 2.3. Кількість днів з пиловою бурею на півдні України
У 1961-1990 [7] і 2005-2019 рр.

Отже, пилові бурі над півднем України виникали не щорічно, в середньому 2-3 рази на рік, але у 22-24 березня 2007 р. над регіоном спостерігалася сильна пилова буря, яка завдала значних збитків та спостерігалася над всіма пунктами, крім Ізмаїла. Другий за активністю місяць – квітень, коли виникло 6 випадків.

В цілому, під час більшості пилових бур регіону не відмічалось значного погіршення видимості та сильного вітру за винятком 22-24 березня 2007 р., переважали південний, південно-східний та східний напрямки.

Переважали короткочасні пилові бурі (лише один строк спостереження) з відносно невеликим погіршенням видимості, які утворювалися перед початком грози через пориви вітру під купчасто-дощовою хмарою над підсушеною підстильною поверхнею або в холодний період року, при нестійкому сніговому покриві або при його відсутності після тривалого бездощового періоду.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ СИЛЬНИХ ПИЛОВИХ БУР НАД ПІВДНЕМ УКРАЇНИ

3.1 Аналіз синоптичних умов пилових бур на півдні України у 2019 р.

Впродовж 2019 р. над півднем України пилові бурі спостерігалися лише двічі – 11 березня та 9 серпня 2019 р. Вказані явища мали локальний характер та не завдали значних збитків регіону.

За даними Головного управління Держслужби з надзвичайних ситуацій України в Одеській області в другій половині дня 11 березня вітер в регіоні посилювався до 25 м/с, тому в Одеській області оголосили "жовтий" рівень небезпеки через сильний вітер. За словами очевидців сильний вітер зривав з дахів те, що погано закріплено, а також піднімав сухі гілки, зривав кабелі і кружляв різне сміття, через це одеситам радили максимально обмежити своє перебування на вулиці, за можливістю користуватися громадським транспортом, а не особистим, і триматися подалі від рекламних щитів, дерев і ліній електропередач.

Як видно з рис. 3.1, над центральною частиною України у 12 UTC утворилася область підвищених швидкостей вітру (10 м/с та більше) та відносно зниженої видимості з мінімумом 400 м. Над півднем України відносна вологість у цю добу не перевищувала 30-40 %, а швидкість вітру при поривах в Одесі досягла 17 м/с, на півночі області – 21-25 м/с.

У попередню добу 10.03.19 за 00 UTC погодні умови над Східною Європою визначав глибокий двоцентровий циклон з тиском в центрі над півднем Фінляндії 985 гПа, а його улоговина досягала Туреччини. Гребінь Азорського максимуму розповсюджувався над Середземним морем до узбережжя Тунісу (рис. 3.2). Арктичний фронт зонально простягався з Атлантичного океану до ЄТР та далі на схід, проходячи через Великобританію, Данію, північ Німеччини, Прибалтику, оклюдуючись в районі Санкт-Петербурга, далі у вигляді теплої ділянки опускався на південь до району Москви і далі знову приймав зональну орієнтацію. Полярний фронт простягався з Атлантичного океану до ЄТР через Піренейський півострів та Францію, утворюючи теплий сектор. Далі спостерігалася зональна холодна ділянка від Словенії до Молдови, утворюючи хвилю на північ від Одеси. Далі лінія полярного фронту розташована Одеса-Харків-

Москва. Через 6 год. тиск у центрі циклону знизився на 0,5 гПа та його улоговина просунулася далі на південь, не змінюючи суттєво атмосферної циркуляції. У полудень 10 березня 2019 р. тиск у центрі циклону не змінився, але східний центр доцентрового циклону заповнився, тобто баричне утворення припинив поглиблюватися (рис. 3.3).

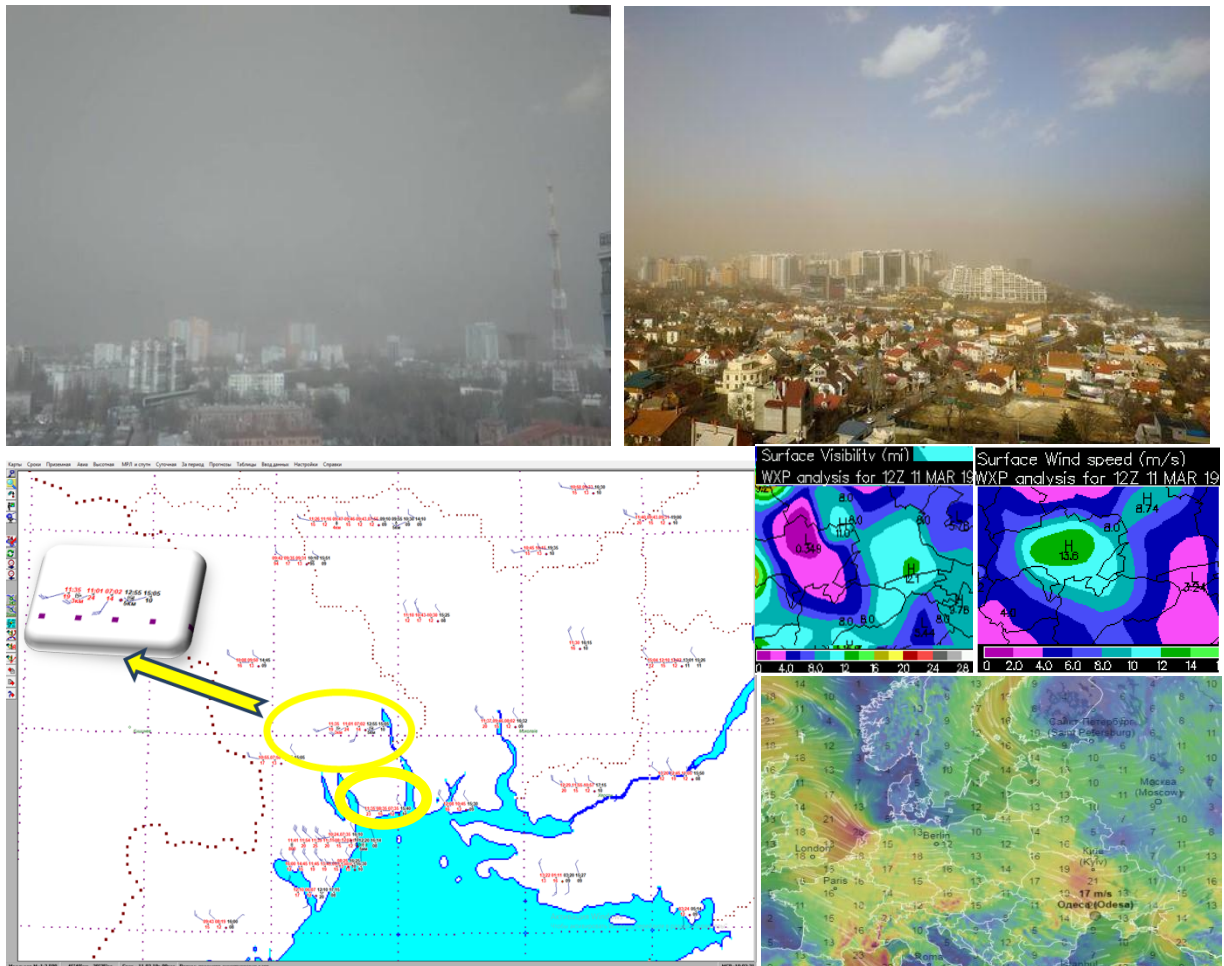


Рис. 3.1. Фото пилової бурі [25] в Одесі, карта штормових оповіщень за добу, карта швидкості вітру, видимості та поривів за 12 UTC (14 год.) 11 березня 2019 р.

У наступну добу 11 березня 2019 р. відбулася перебудова баричного поля, а саме центр циклону пересунувся на південь і у 12 UTC розташовувався у районі Санкт-Петербурга зі зростанням мінімального тиску у центрі до 923 гПа (рис. 3.3).

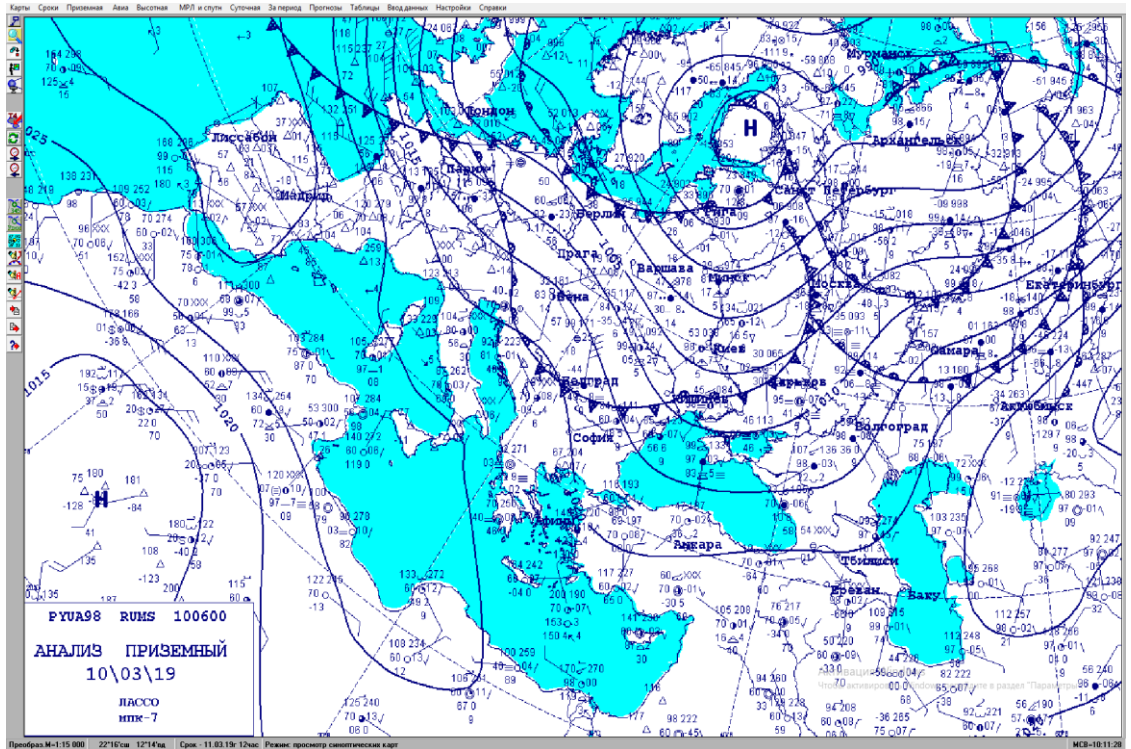
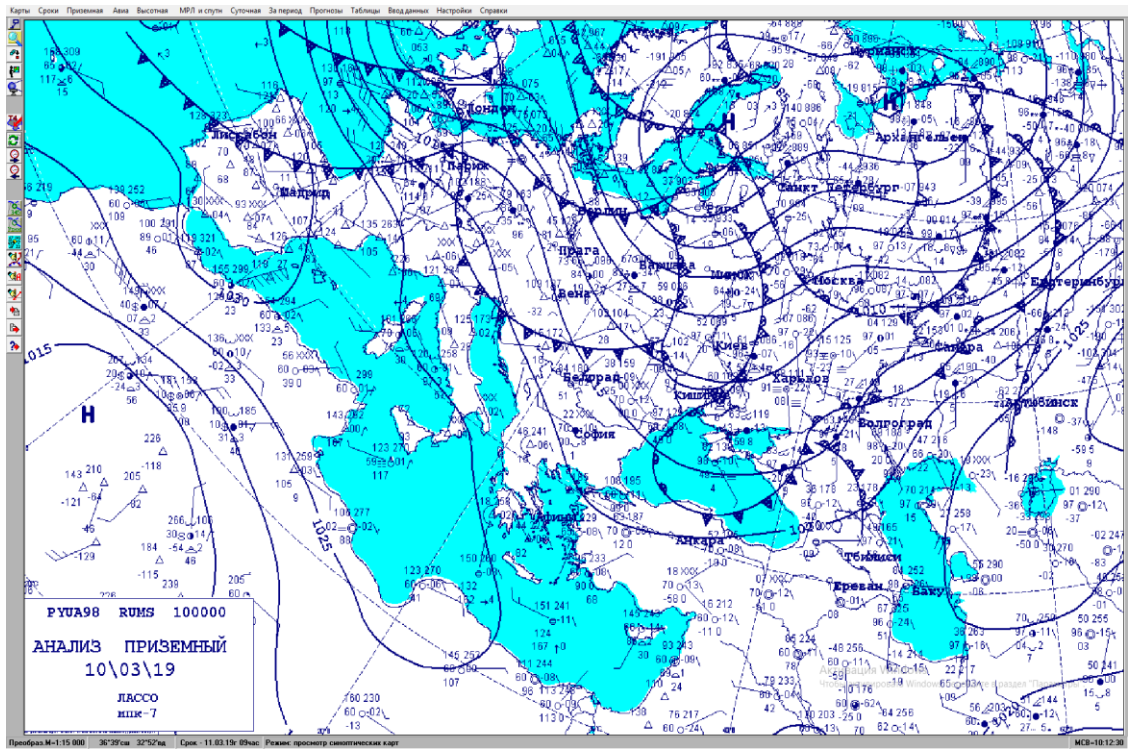


Рис. 3.2. Карты приземного анализа за 00, 06 UTC 10 березня 2019 р.

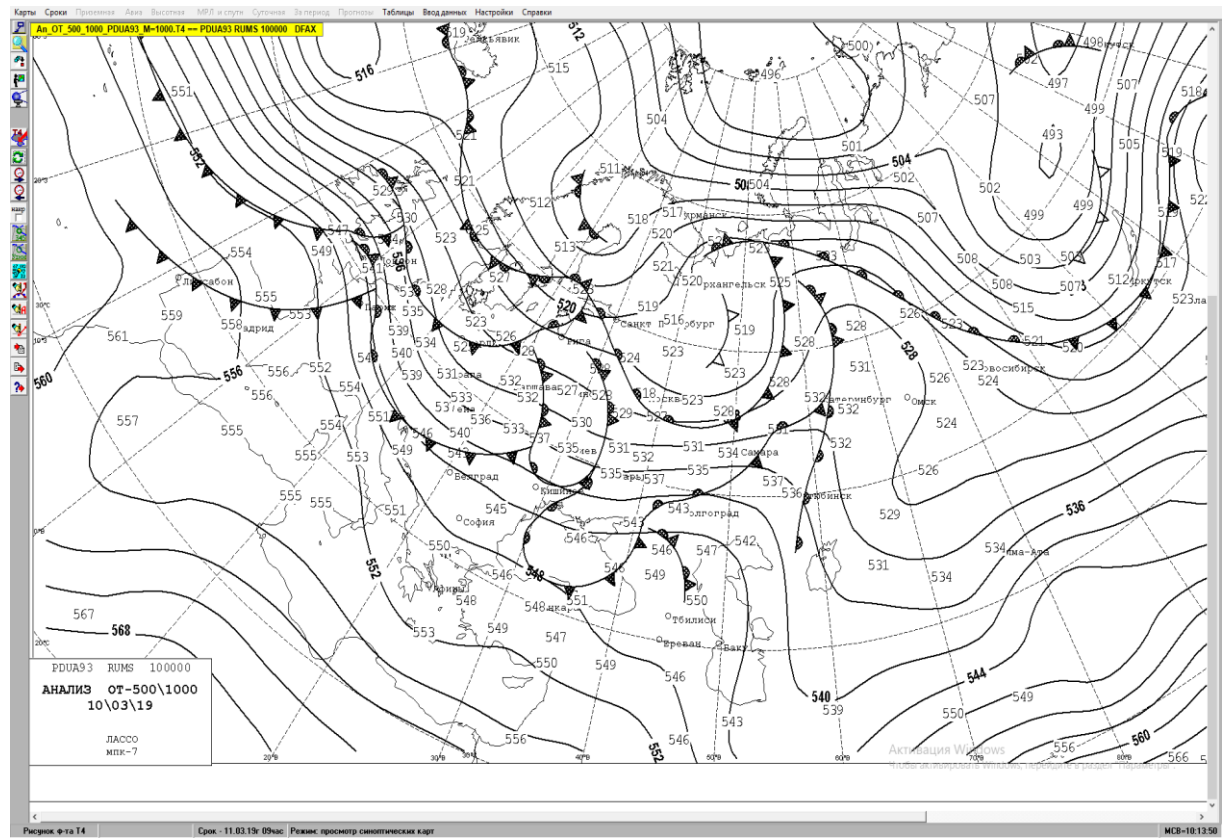
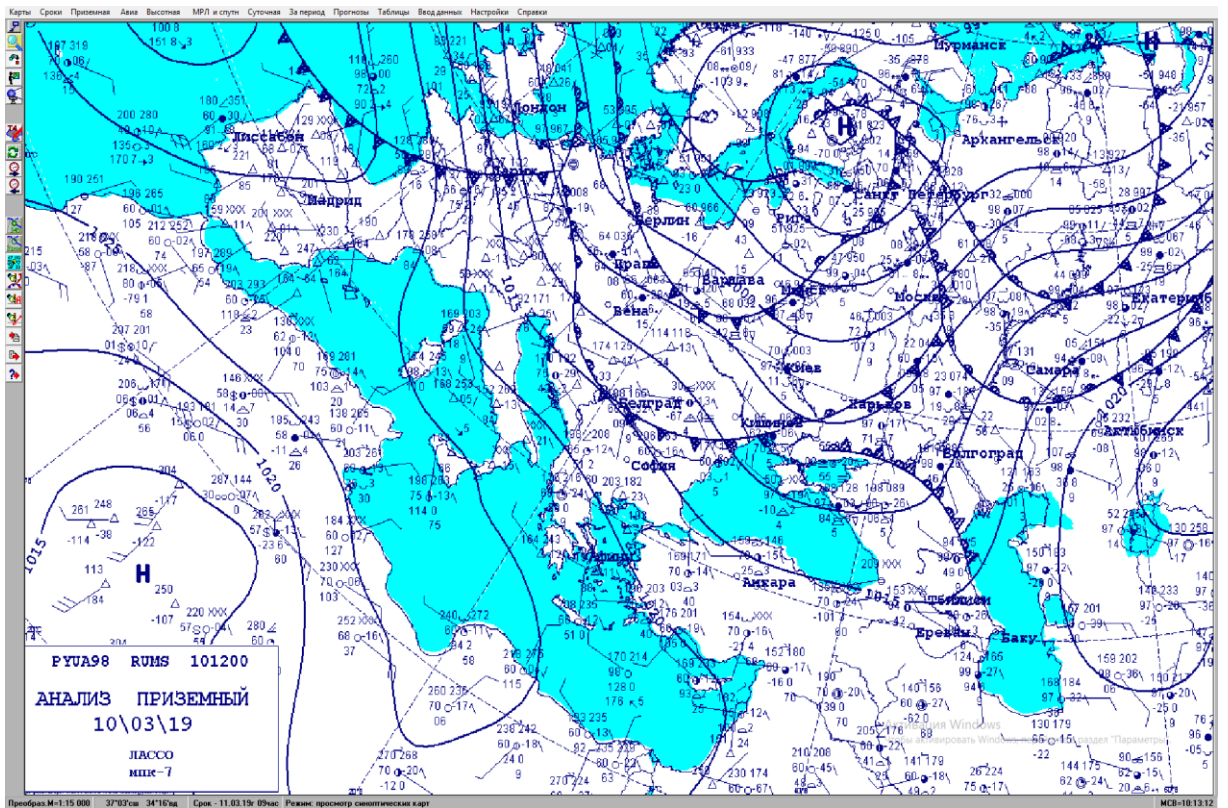


Рис. 3.3. Карты приземного анализа за 12 UTC 10 березня 2019 р. та ВТ-500/1000

Також змінилася орієнтація його улоговин, вісі яких прийняли напрямок за лініями Москва-Київ-Кишинів-Софія та Москва-Самара. Система атмосферних фронтів значно просунулася на південь зі швидкістю 18 км/год., та арктичний фронт над Східноєвропейською рівниною розташовувався квазімеридіональне з двома хвилями у центрі циклону біля Санкт-Петербургу та між Мінськом та Києвом.

Полярний фронт проходив зонально у вигляді холодної ділянки над Іспанією та Середземним морем, над Адріатикою утворилася хвиля, далі на схід він протягнувся холодною ділянкою над Болгарією через Кримський півострів до Харкова. В районі Харкова спостерігалася точка оклюзії та утворився фронт оклюзії орієнтований на північний схід. Тепла ділянка полярного фронту від Харкова прямувала через східні області України та далі на Краснодарський край Росії.

Отже, погодні умови над Одеською областю 11 березня 2019 р. визначалися перехідною зоною з значними (1,5 гПа/100 км) баричними градієнтами та проходженням холодної ділянки полярного фронту, спричинивши.

Для більш детального аналізу представлені кільцеві карти погоди за 00, 06, 09 і 12 UTC (рис. 3.4), де можна прослідкувати проходження холодного фронту Молдовою та Одещиною, утворення замкненого центру зниженого тиску, який відокремлювався ізобарою 992,5 гПа, над Білоруссю у 06 UTC та пересунувся на схід до Чернігова не змінюючи мінімального тиску у центрі. Проходження фронтальної зони викликало випадіння зливових опадів та посилення вітру, але його посиленню сприяли локальні згущення ізобар на півночі Молдови внаслідок просування гребню Азорського антициклону. Вже у 09 UTC над північчю Молдови фіксувався випадок пилової бурі, далі через 3 години утворилася невелика зона з швидкостями вітру 10-14 м/с в поривах до 20-24 м/с (станція Сербка, Одеська область) та пиловою бурею зі зниженням видимості до 5 м/с (рис. Б.1).

Також помірна пилова бора спостерігалася в Одесі у 12 UTC (14 год.) при швидкості вітру 5 м/с з поривами 18 м/с, під час цього явища видимість знизилася від 30 км у 09 UTC (11 год.) до 4100 м у 12 UTC (14 год.), викликавши тривогу серед міського населення (рис. 3.1). Спостереження у наступні 3 год. показали збільшення видимості до 15 км.

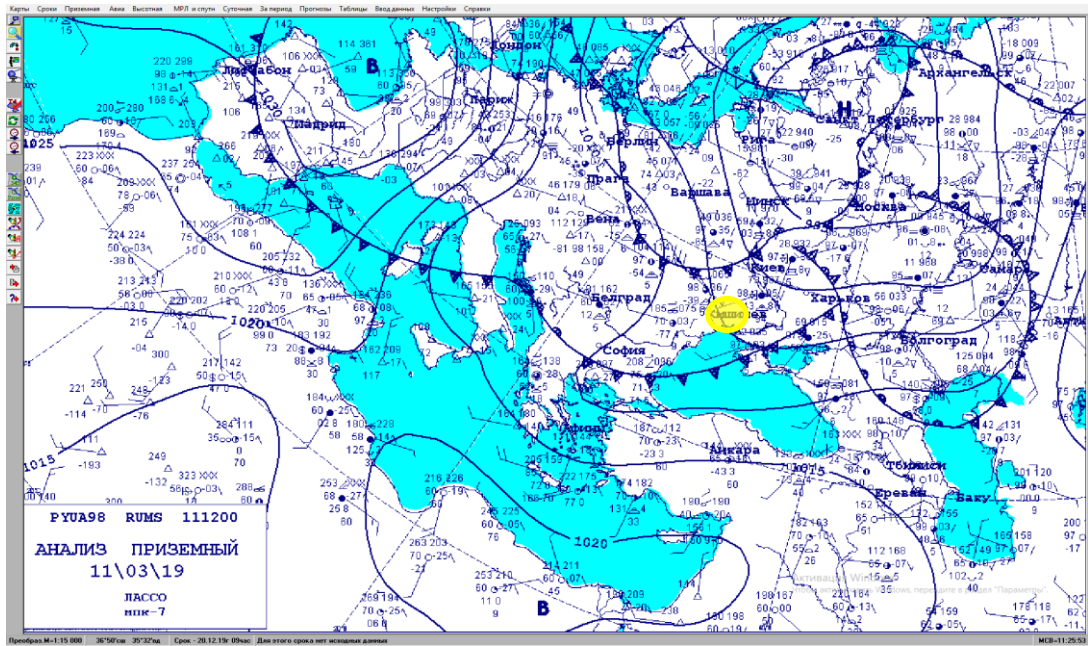


Рис.3.3. Карти приземного аналізу за 12 UTC 11 березня 2019 р.

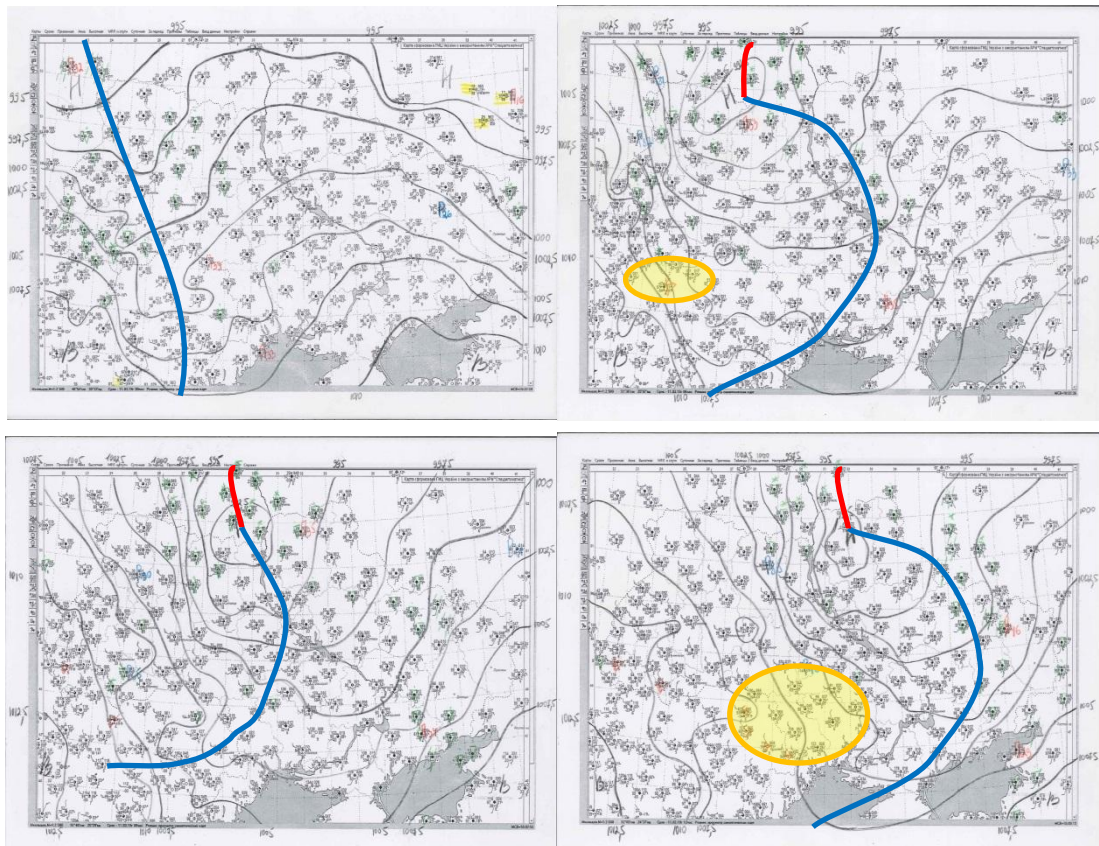


Рис. 3.4. Мікротільцеві карти за 00, 06, 09 і 12 UTC 11 березня 2019 р.

Розглянутий випадок утворення пилової бурі носив локальний характер, тому для з'ясування горизонтальних масштабів явища доповнимо аналіз супутниковим продуктом Dust RGB [15], який призначено для виявлення пилу в атмосфері, а також вулканічного попелу та ідентифікації хмарних областей високого рівня. Хоча Dust RGB не надає інформацію про висоту і концентрацію пилу, але він це забезпечує відмінну часову роздільну здатність і можливість слідкувати за рухом пилової хмари назад до джерела пилу. Пил у безхмарних регіонах зображений пурпуровим кольором, пил всередині хмари, де наявність частинок виступають як ядра конденсації хмари і генерує невеликі кристали льоду, можна побачити в Severe Storms RGB як області яскраво-жовтого кольору.

На рис. 3.5 можна ідентифікувати розвинуту хмарність холодного фронту (чорний та темно-червоний колір), яка являє собою високі, суцільні та холодні хмари (06 та 09 UTC).

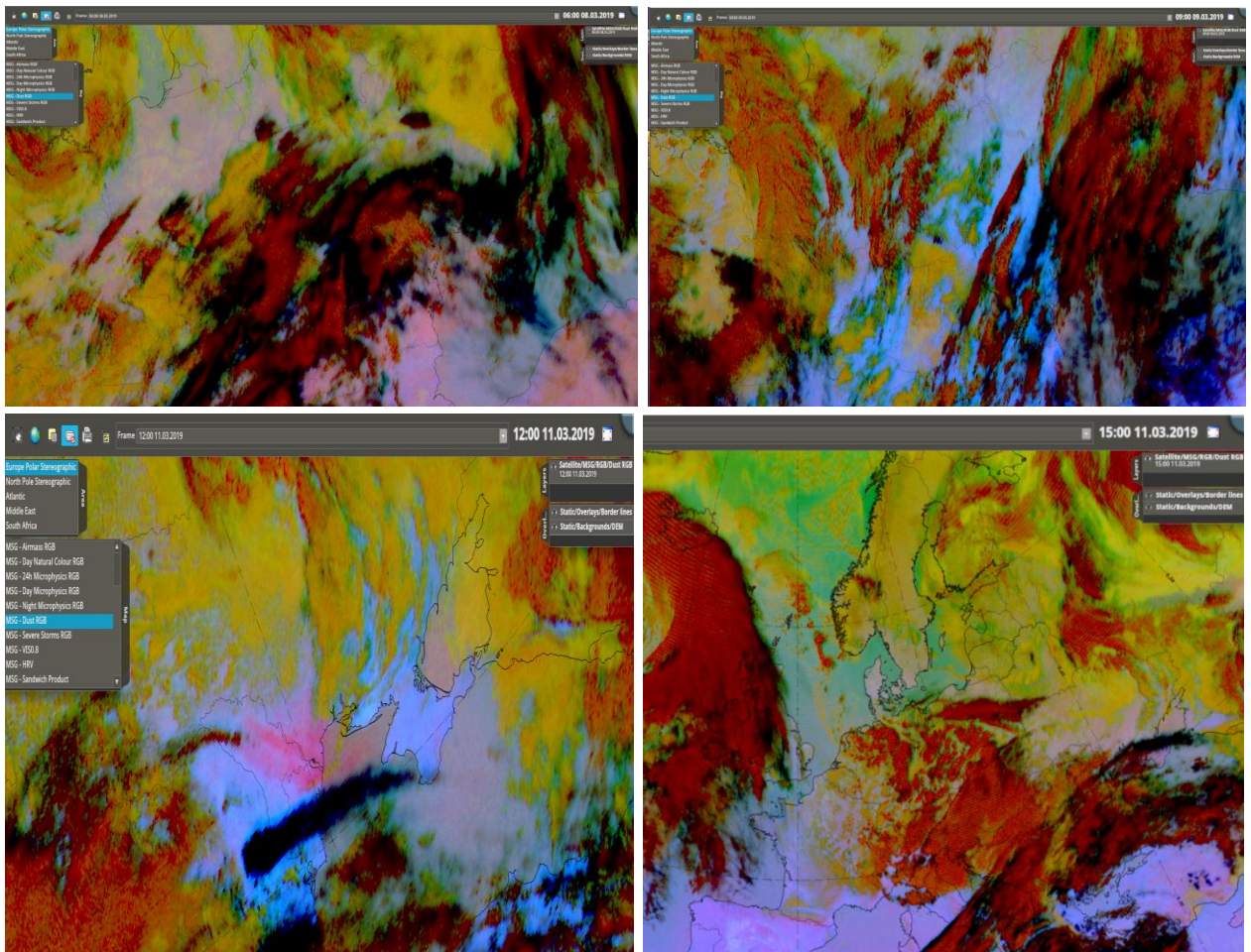


Рис. 3.5. Супутниковий продукт EUMETTRAN Dust RGB, 06, 09, 12 і 15 UTC, 11 березня 2019 р.

Після проходження фронтального розділу у 12 UTC наочно та чітко помітна область пурпурового кольору, яку можна визначити як ареал розповсюдження пилової бури перехідної зони між циклоном та антициклоном.

Продукти міжнародного тренувального проекту EUMETRAN [16] IR 10.8+Wind, IR 10.8+Temperature Advection, WV6.2+Relative Humidity (рис. 3.6) свідчать про наявність інтенсивної адвекції сухого та холодного повітря над південним заходом України у 12 UTC 11 березня 2019 р., яка через три години помітно послабшала.

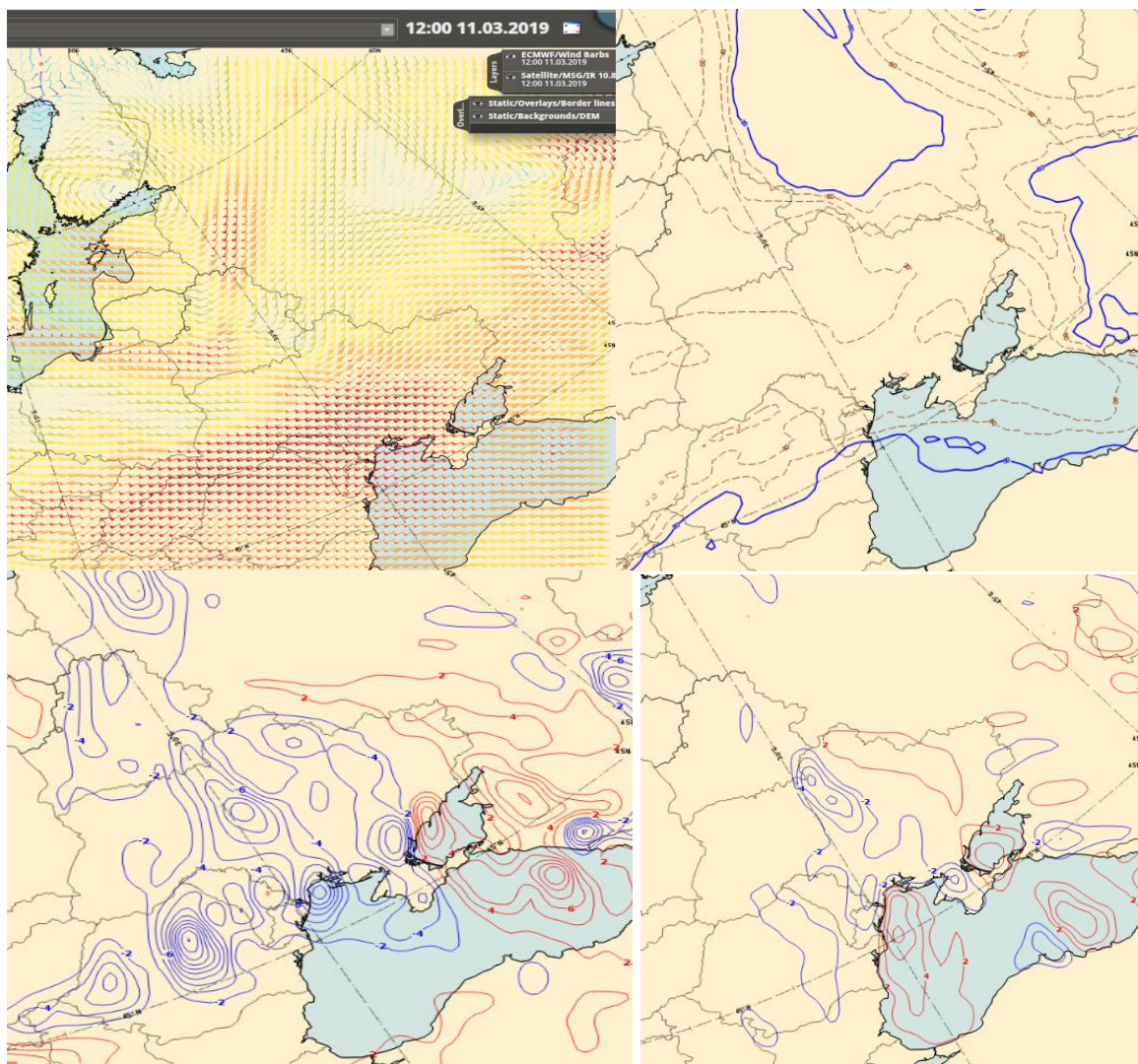


Рис. 3.6. Продукти EUMETRAN IR 10.8+Wind та WV6.2+Relative Humidity за 12 UTC, IR 10.8+Temperature Advection 12 і 15 UTC, 11.03.2019 р.

Траєкторії адвекції повітряних мас (3.7) підтверджують наявність інтенсивної адвекції з північного заходу за останні 24 години на всіх рівнях модельного розрахунку, крім 5000 м.

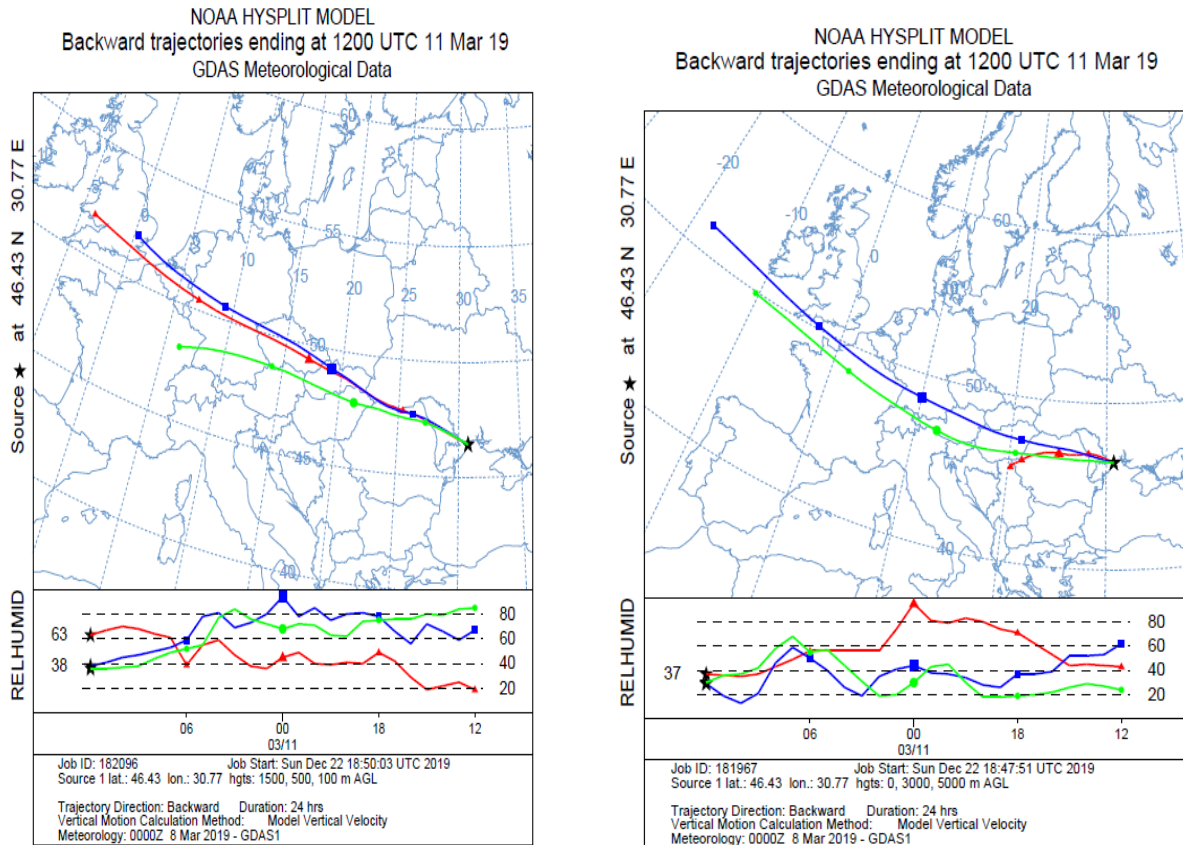


Рис. 3.7. Траєкторія адвекції від Одеси, 12 UTC,
11 березня 2019 р. модель HYSPLIT

Отже, короткочасна пилова буря 11 березня 2019 р. утворилася у зоні значним баричних градієнтів між обширним циклоном с центром в районі Санкт-Петербурга та гребнем Азорського антициклону проходження фронтального розділу в зоні максимальної адвекції холодного та сухого повітря.

Наступний випадок формування пилової бурі спостерігався 9 серпня 2019 р. у Якімовському районі Запорізької області, коли над курортним селищем Кирилівка та селом Максима Горького пронеслась майже суцільна вражаюча стена пилу та піску [12, 13] у супроводі сильних поривів вітру та короткочасним погіршенням видимості, але жодна метеостанція області це не фіксувала (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Карта штормових оповіщень за добу 9 серпня 2019 р.

Основними синоптичними процесами 9 серпня 2019 р. у 12 UTC були циклон над ЄТР з мінімальним тиском в центрі 994,7 гПа. та гребінь Азорського антициклону спрямований в сторону Піренейського півострова з окремим ядром високого тиску біля о. Сардинія з максимальним тиском в центрі 1015,9 гПа. Улоговина циклону на Європейською Росією спрямована в бік Волгограду. Також прослідковувалися дві улоговини над Малою Азією та Скандинавським півостровом (рис. 3.9).

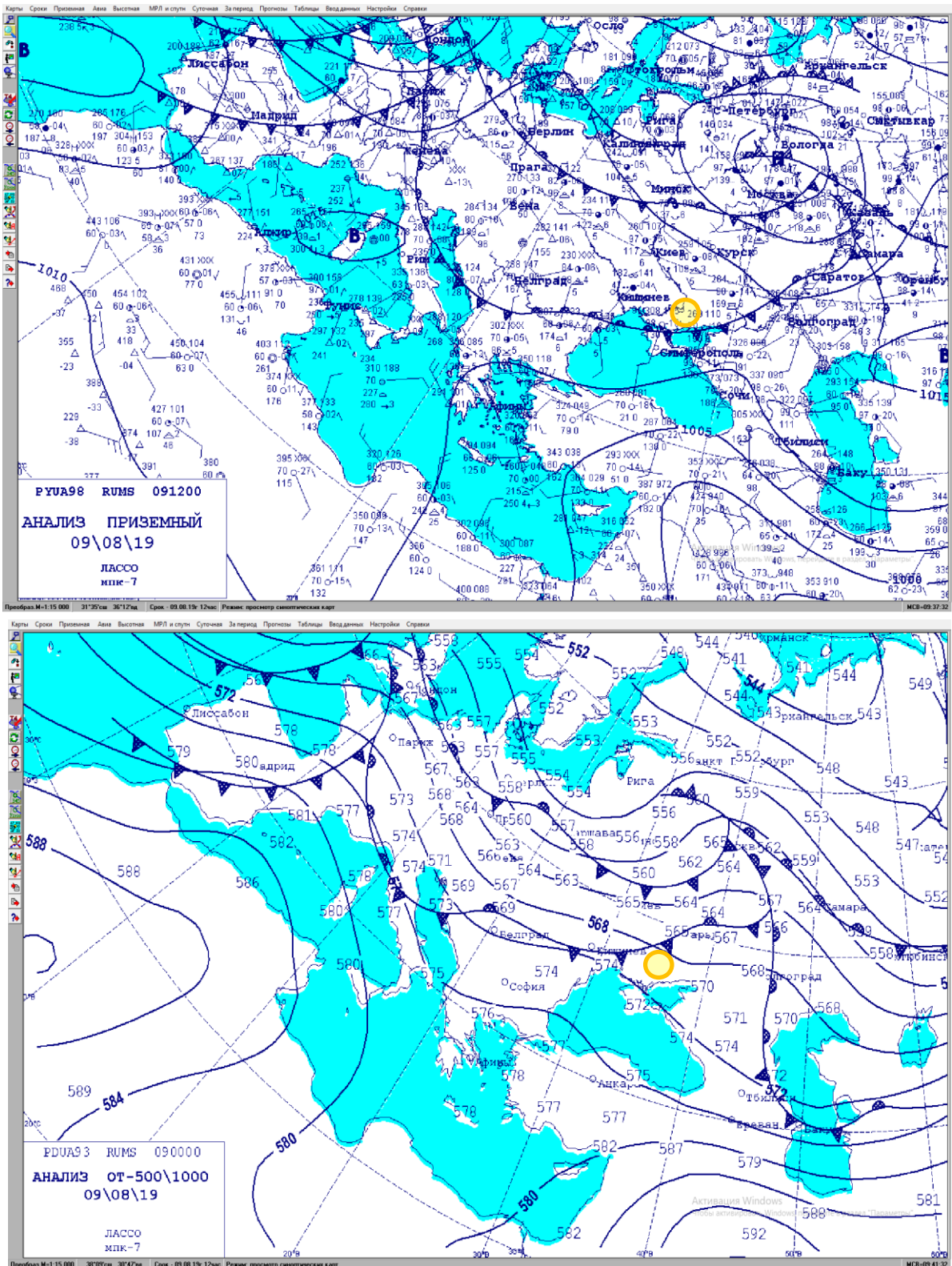


Рис. 3.9. Карти приземного аналізу (12 UTC) та ВТ 500/1000 (00 UTC), 9 серпня 2019 р.

На карті ВТ 500/1000 в 00 UTC представлені дві системи фронті: полярний та арктичний фронт, які розташовувалися на відстані 500-1000 км

один від одного та практично повторювали квазізональну орієнтацію і характер хвиль. Арктичний фронт простягався з Атлантичного океану через північ Франції, Великобританію та роблячи хвилю опускався на Німеччину, Чехію, Білорусь та через ЄТР далі на схід. Полярний фронт простягався з Атлантичного океану до ЄТР через Піренейський півострів, в районі Франції утворював хвилю та опускався до Швейцарії, Італії, Албанії, Македонії, Румунії далі проходив через Північне-Західне Причорномор'я в бік Харкова. Через 12 годин розташування арктичного фронту суттєво не змінилося на відміну від полярного, холодна ділянка якого пересунулася на 300-400 км на південний схід, тобто над районом виникнення пилової бур спостерігалось проходження холодного фронту. На рис. 3.19 видно, що у 12 UTC лінія холодного фронту практично підійшла до Запоріжжя, а у 15 UTC стрімко порушила до узбережжя Азовського моря, де саме і спостерігався підйом пилу у повітря.

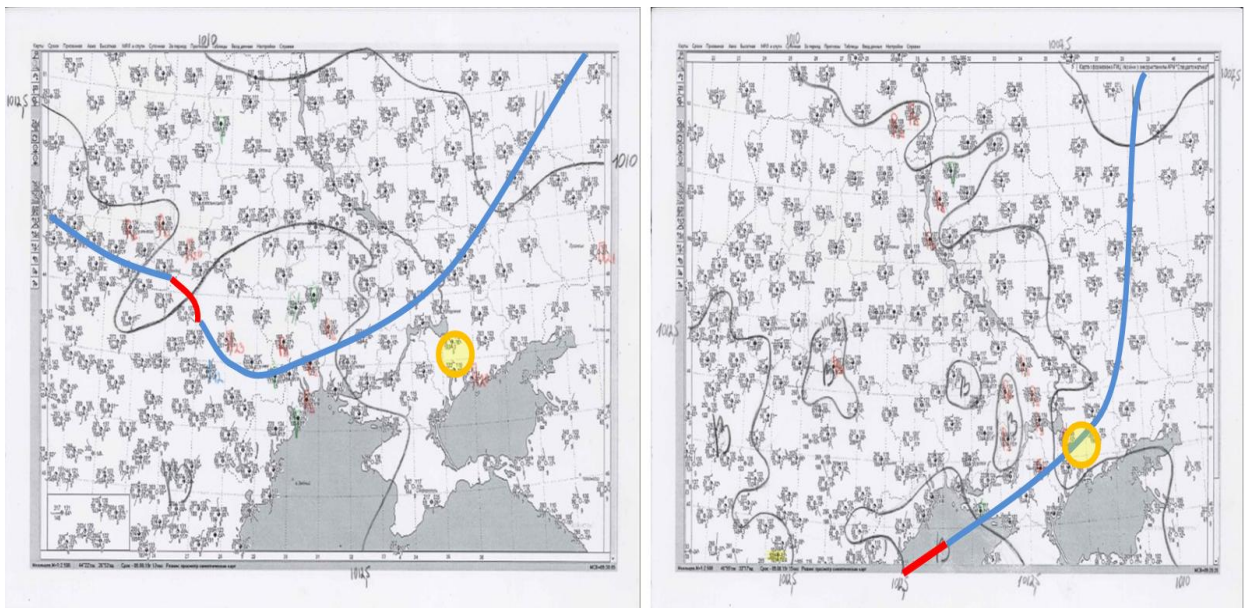


Рис. 3.10. Мікрокільцеві карти за 12 і 15 UTC 9 серпня 2019 р.

Аналіз супутникових знімків за 14 та 15 UTC підтвердив результат аналізу місця розташування холодного фронту за мікрокільцевими картами, а також виявив (рис. 3.11) утворення крупного (300-400 км у діаметрі) мезомасштабного конвективного комплексу з висотою нижньої межі хмар

вище 18 км. Під цим конвективним утворенням сформувалася зона з поривами до 20-25 м/с за розрахунками продукту IR 10.8+Wind.

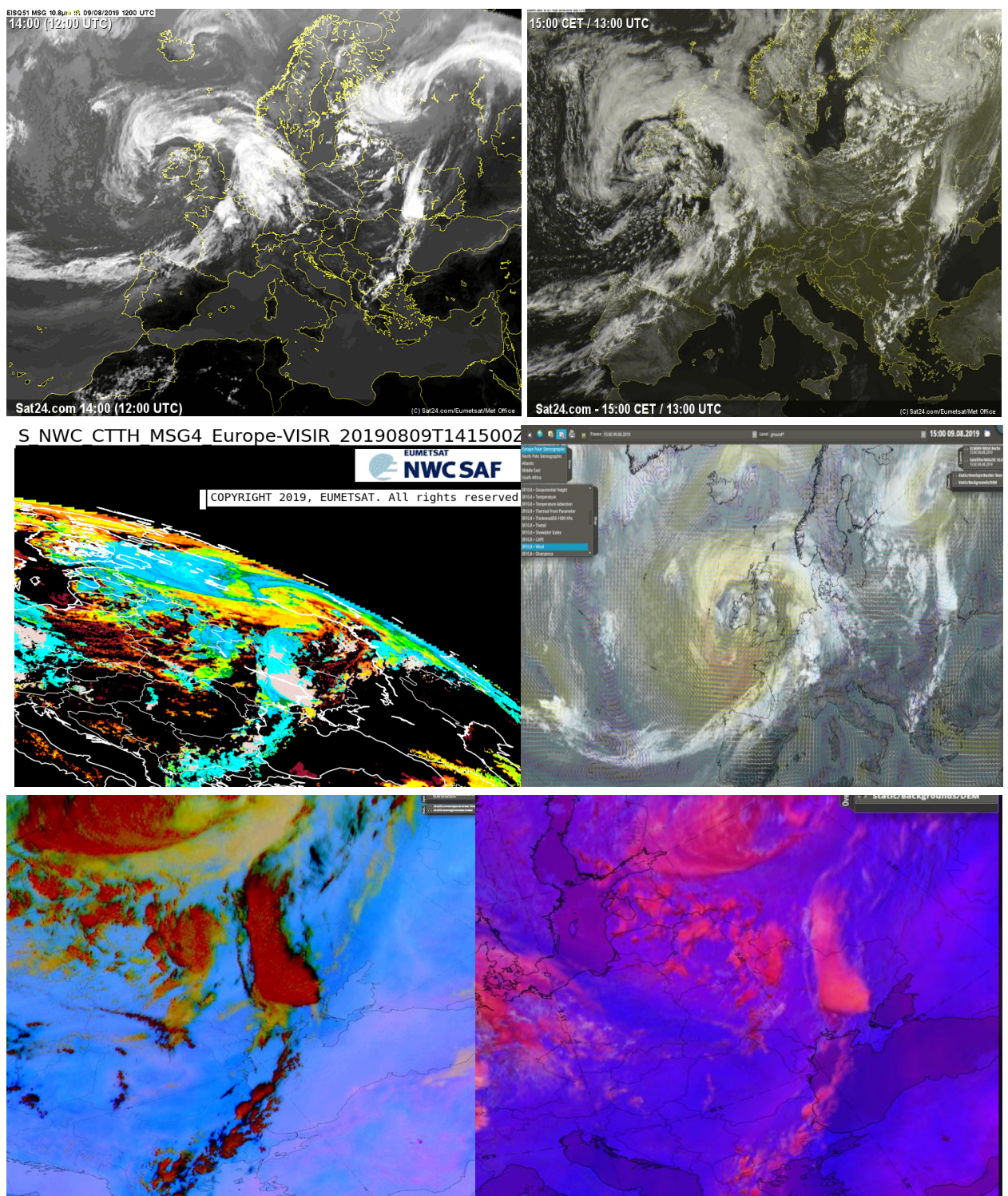


Рис. 3.11. Супутникові знімки за 14 і 15 UTC, наукастингові продукти NWCSAF (CTTH) [20] та EUMETRAN [16] (MSG Dust RGB і Severe Storm RGB, IR 10.8+Wind) 14 UTC 9 серпня 2019 р.

Продукт Severe Storm RGB також підтверджує наявність високих, дуже суцільних та холодних (температура верхньої межі хмар нижче -65°C) хмар.

Щодо інформації супутникового продукту Dust RGB, який призначено для виявлення пилу в атмосфері, то він не виявив область пилу, якій налякав відпочиваючих та місцевих жителів Кирилівки, внаслідок локальності та короткочасності цього явища.

Отже, локальна і дуже інтенсивна пилова буря у Запорізької області 9 серпня 2019 р. виникла внаслідок формування потужного конвективного мезомасштабного комплексу і утворення зони шквалів безпосередньо над піщаною ділянкою узбережжя Азовського моря.

3.2 Метеорологічні та синоптичні умови пилової бурі 23 березня 2007р

Пилова буря охопила значну територію на півдні України 23 березня 2007 р. Під впливом стихії опинилися Миколаївська, Херсонська та Одеська області. Пориви вітру досягали 25 м/с, а в Миколаївській області – 35-40 м/с. (рис. 3.12) Такий вітер пов'язаний зі створенням на вказаних територіях штормової зони між обширним антициклоном з центром над Уралом та циклоном над Чорним морем.

Внаслідок стихії в Миколаївській області зареєстроване багато випадків пошкодження конструкцій будівель та рекламних стендів, були пошкодженні три ділянки комунального газопроводу. На 24 березня 2007 р. від електропостачання були відключені 207 населених пунктів в 16 районах області.

Вказаної пилової бурі попередила тепла та суха зима, протягом якої сніг спостерігався один-два рази за холодне півріччя [4].

Як видно з карт розподілу відносної вологості, з 12 UTC спостерігалось поступове зменшення цього параметру, і якщо в 00 UTC над територією України відносна вологість складала більш ніж 55% , а над південним сходом – 60-70%. Але вже біля полудня (12 UTC) повітря почало становитися більш сухим (рис. 3.13), і над Чернігівською, Полтавською, Дніпропетровською та Миколаївською областями утворювалася зона з вологістю менш ніж 40 %. У наступний строк 15 UTC (рис. 3.13) зона відносно сухого повітря розповсюджувалася практично на всю територію України за винятком

західних областей, і саме у цей час над півднем України спостерігалася пилова буря.

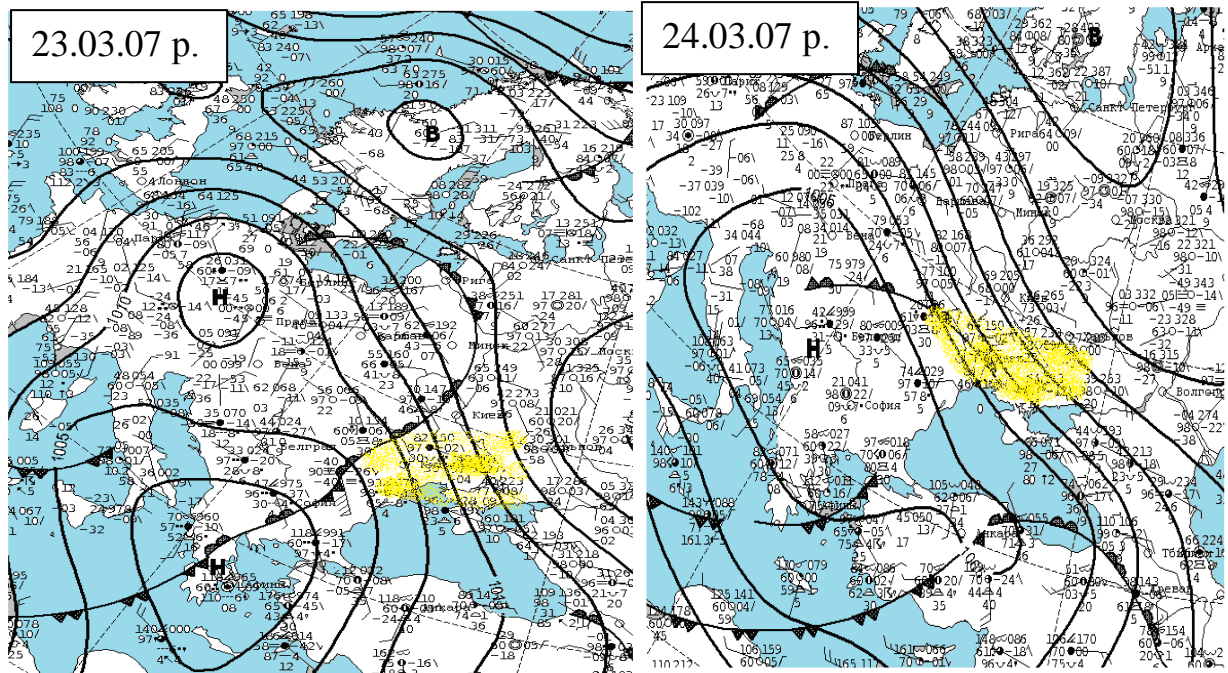
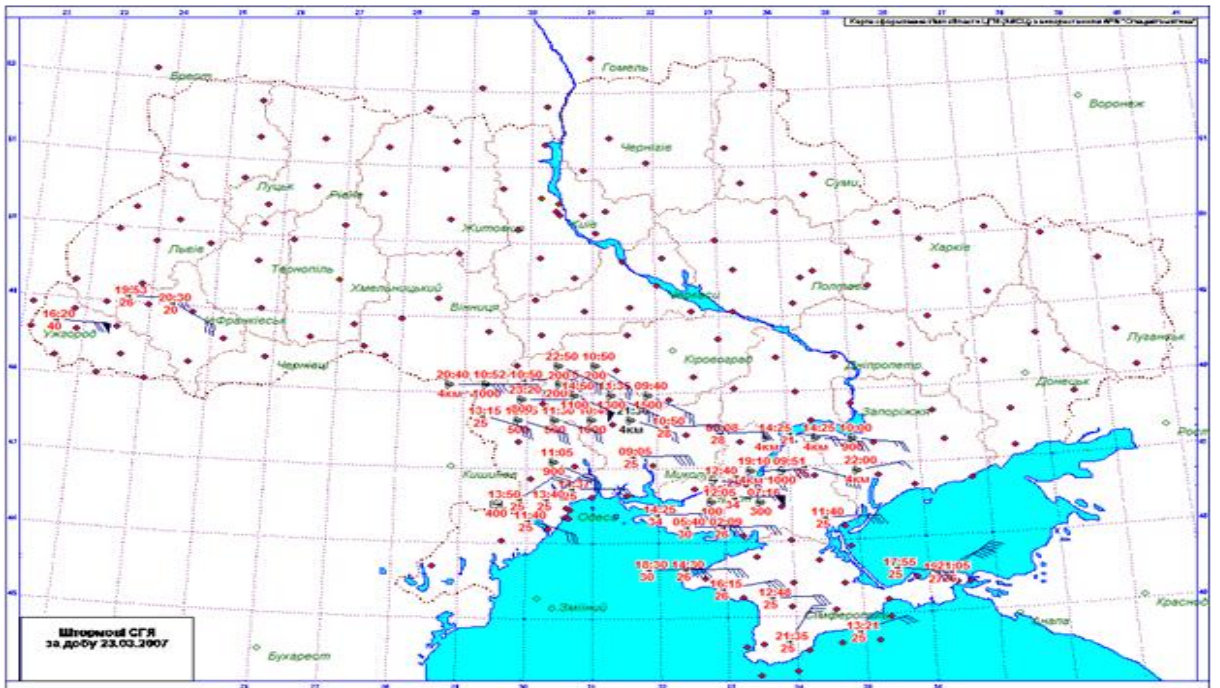


Рис. 3.12. Штормові оповіщення за добу 23 березня та приземний аналіз 23 і 24 березня 2007 р., 00 UTC

Через 3 години збереження пилової бури відносна вологість над районами цього явища зменшилася до 20-30%. Ввечері (18 UTC) також

зберігалося сухе повітря, а через 3 години (21 UTC) зона сухого повітря зменшилася за розміром та змінила район локалізації на захід Одеської області та Молдову, тобто спостерігався винос пилу за межі України.

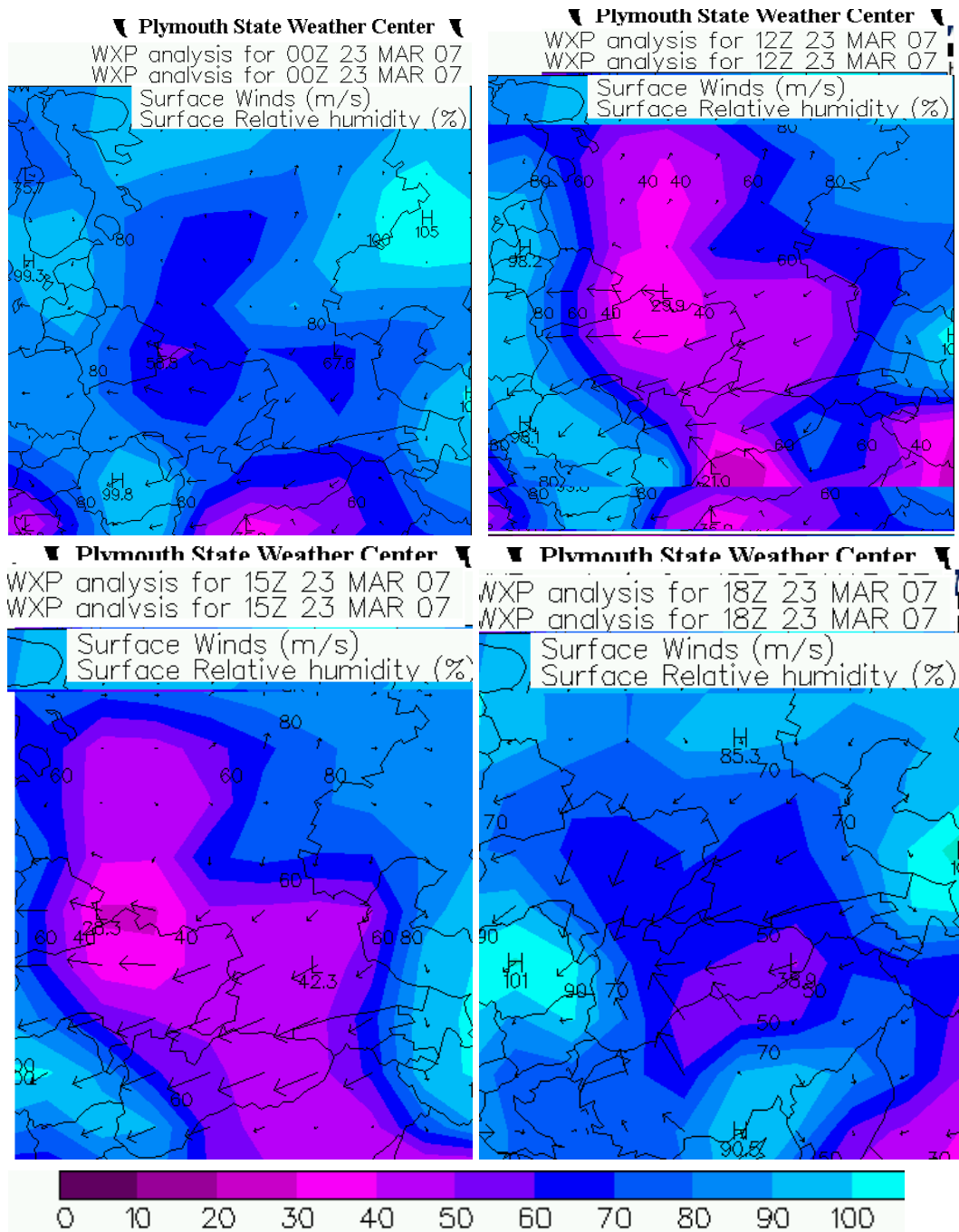


Рис. 3.13. Карта відносної вологості та швидкості вітру за 23 березня 2007 р. 00, 12, 15 і 18 UTC

Вказані незвично високі швидкості вітру біля поверхні землі в поєднанні з попереднім періодом посухи протягом двох тижнів, а також недолік

рослинності в березні призвели до високої концентрації пилу та виникненню сильної пилової бури.

Причиною виникнення сильного вітру в південних областях стало збільшення баричного градієнту над територією України впродовж 23–24 березня внаслідок створення на вказаних територіях штормової зони між обширним антициклоном з центром над Уралом та циклоном над Чорним морем.

Для виявлення точної траєкторії переміщення пилу, що був зареєстрований над країнами Центральної Європи, була використана модель розрахунку трьохвимірних траєкторій HYSPLIT [22].

Пунктами для відліку траєкторії в нашому дослідженні обрані Одеса, Херсон, Миколаїв та Запоріжжя, та як видно з слайду частинки пилу прибили до Німеччини через сильно спрямований потік з району Каспійського моря через Україну до Центральної Європи. Отже, повітря від північного берега Чорного моря досягнуло Німеччини за 18-24 год. (рис. 3.14-3.17).

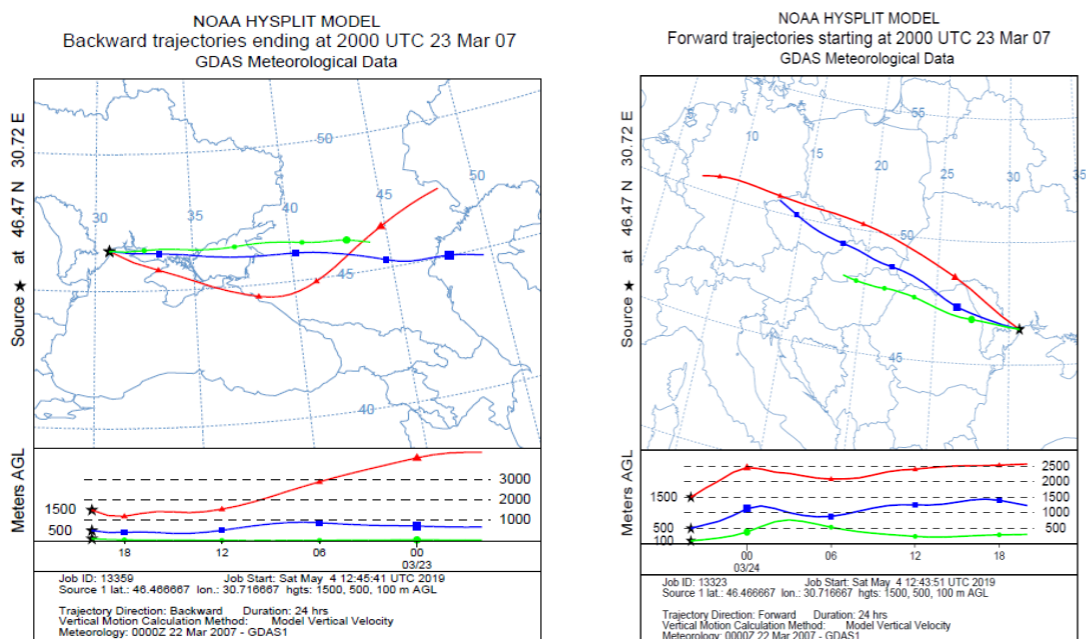


Рис. 3.14. Побудова траєкторії за моделлю HYSPLIT від м. Одеса

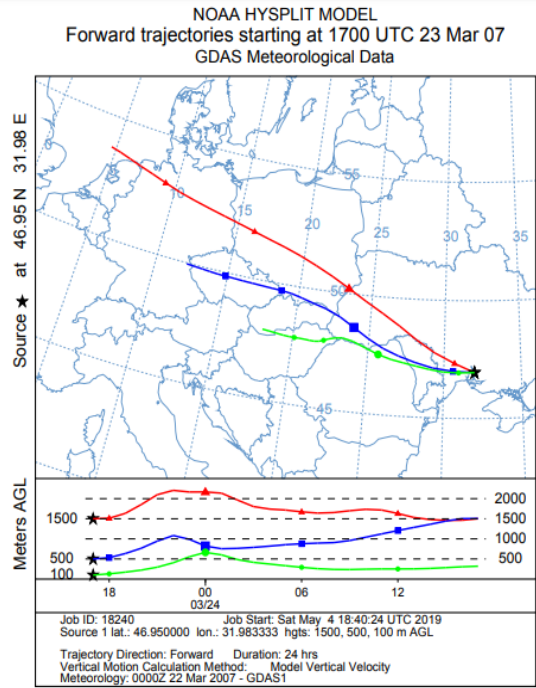
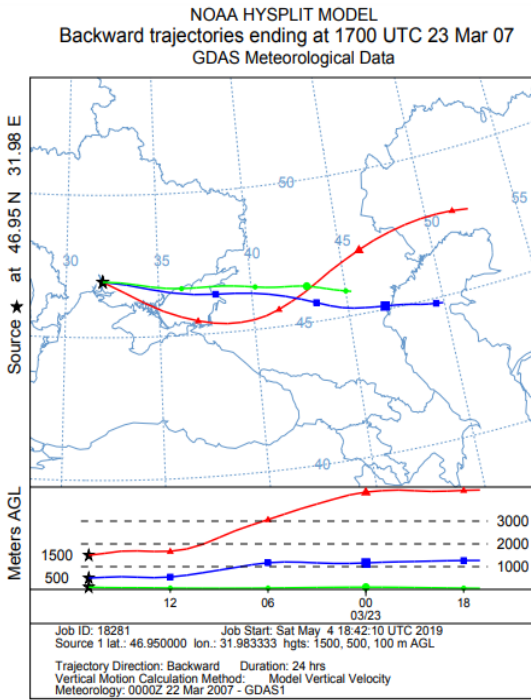


Рис. 3.15. Побудова траєкторії за моделлю HYSPLIT від м. Миколаїв

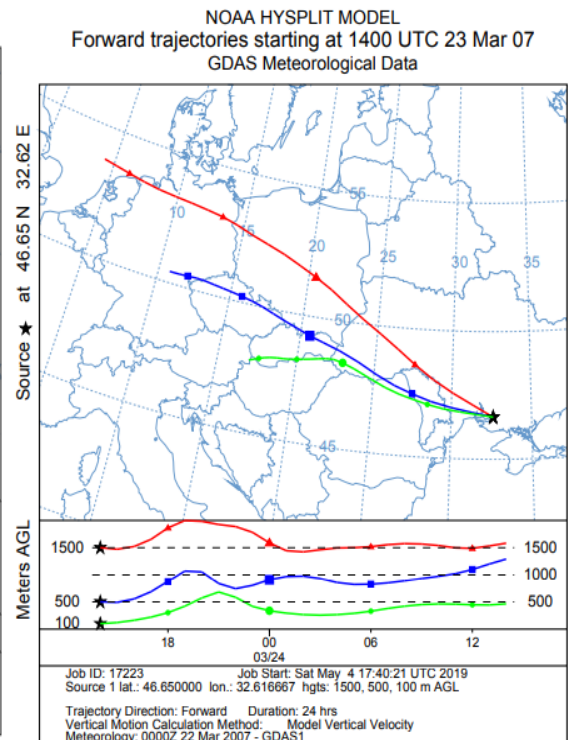
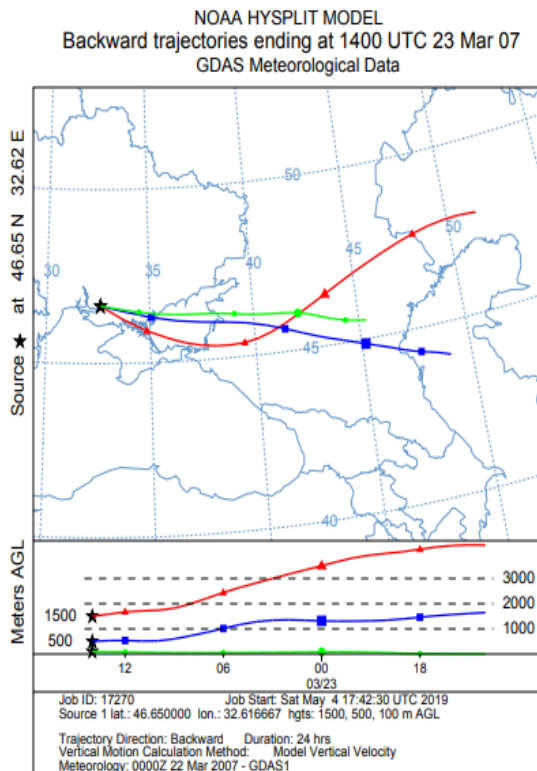


Рис. 3.16. Побудова траєкторії за моделлю HYSPLIT від м. Херсон

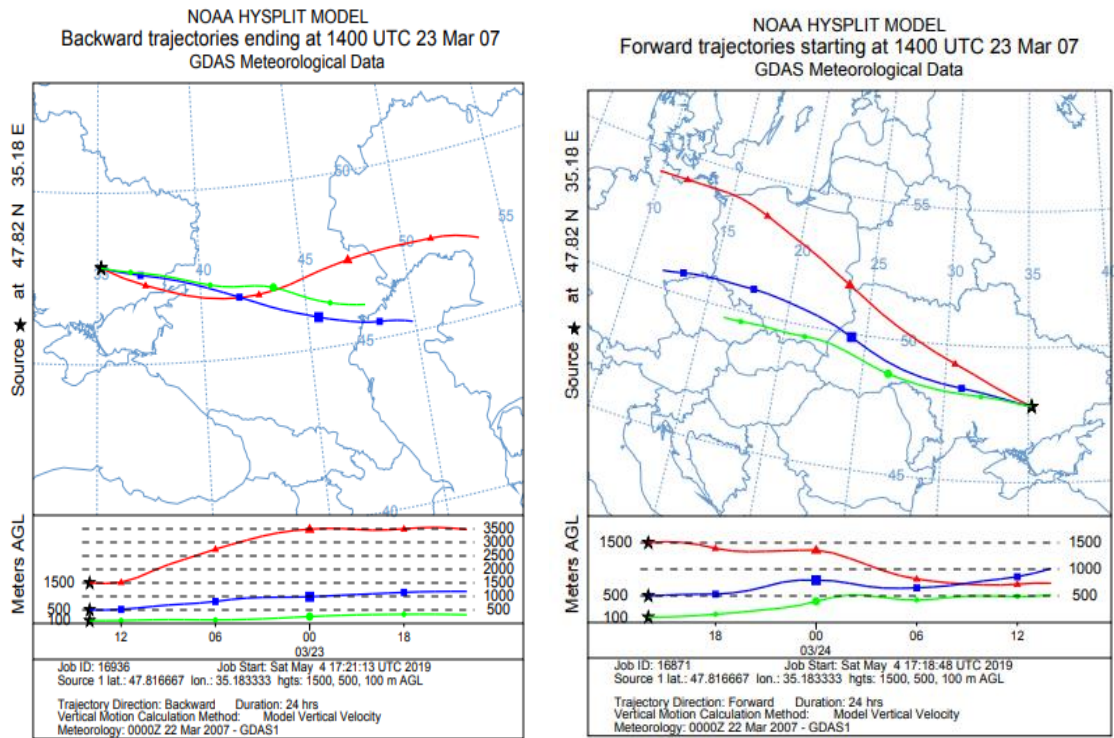


Рис. 3.17. Побудова траєкторії за моделлю HYSPLIT від м. Запоріжжя

Щодо синоптичних процесів 23 березня 2007р., то циклон над південною Європою регенерувався, тиск у центрі впав до 996 гПа. Вісь циклона нахилена у північна західному напрямку, дане баричне утворення є високим так як спостерігається на основних ізобаричних поверхнях. З цим циклоном пов'язана система фронтів що пролягає через територію України, Білорусь та країни Прибалтики. Що стосується висотної фронтальної зони то її розташування залишилось майже без змін, через територію центральної та південної України (рис. 2.9).

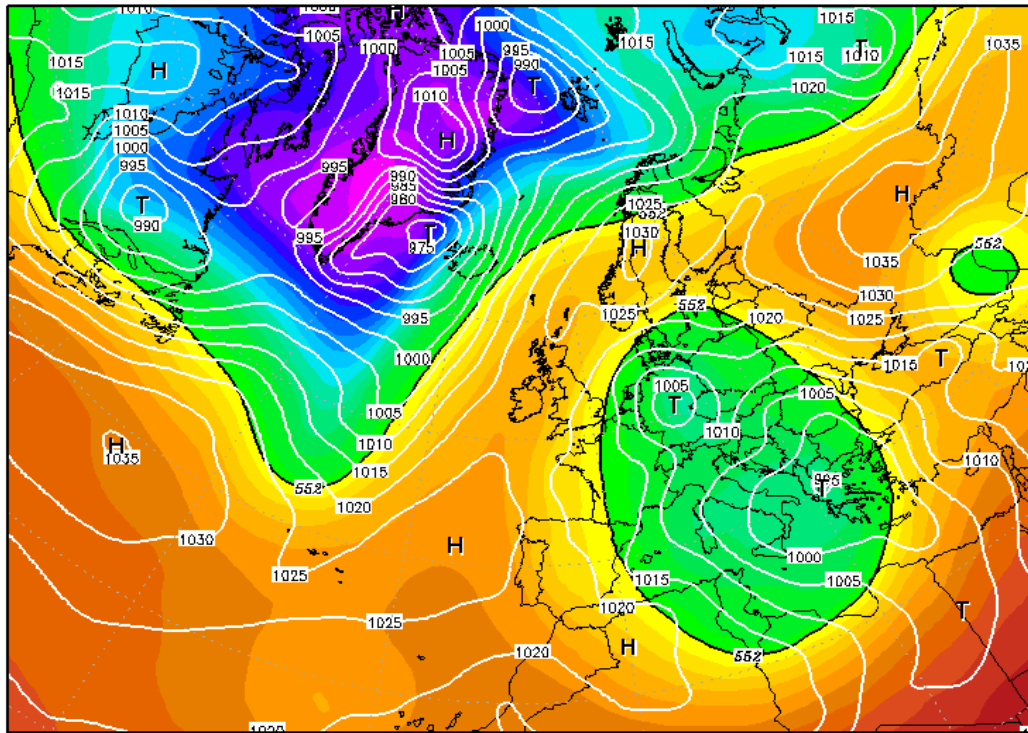
Над територією східної частини України та над Поволжям продовжує стаціонавувати розвинутий високий антициклон з максимальним тиском 1038,1 гПа.

Оскільки циклон над Балканами поглибився а антициклон над Поволжям залишився у стадії максимального розвитку, то над територією України посилюється баричний градієнт, що викликало підвищення швидкості вітру в приземному шарі атмосфери, особливо у південних та центральних регіонах України.

Як видно з карти АТ-500 за 23 березня область зниженого тиску над Європою змістилася у південно-східному напрямку і в даний строк центр

23MAR2007 00Z

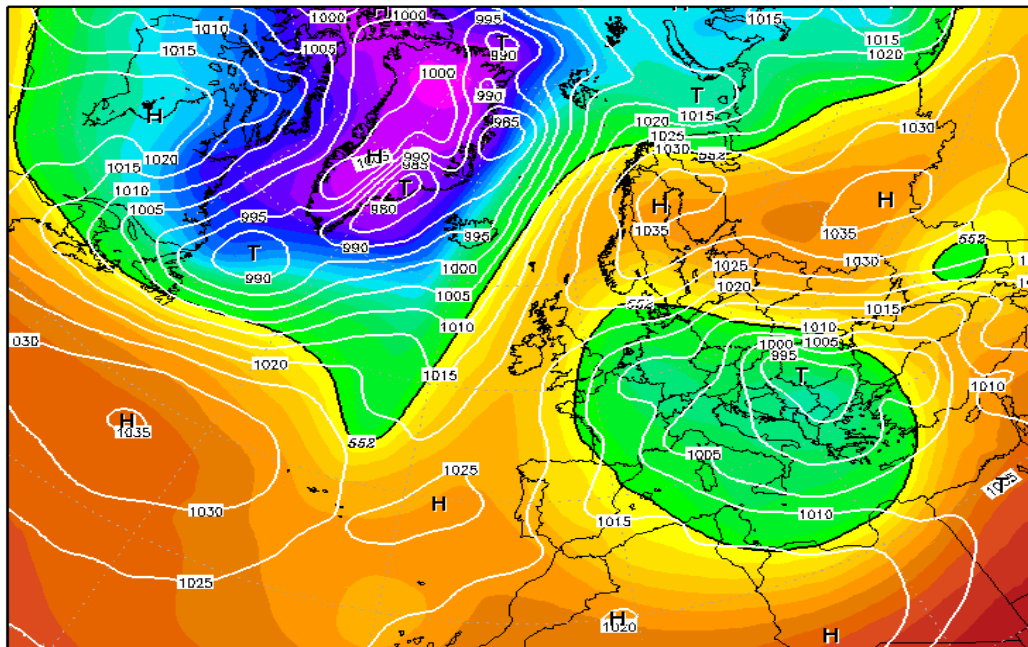
500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)



Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

23MAR2007 12Z

500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)



Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Рис. 3.18. Приземний аналіз та АТ-500 за 23 березня 2007 р. 00 і 12 UTC [27]

цього баричного утворення розташован над Грецією, про те його інтенсивність зменшилася порівнянн з попередньою добою. Над територією Скандинавського пів острова через ЄТР та західну Сибір витягнувся гребінь високого тиску, в наслідок цього значно зросли градієнти геопотенціалу над територією Чорного моря та Україною, як наслідок цього зросла швидкість вітру досягаючи значень близько 20 м/с.

На рівні Ат - 500 (рис. 3.18). територію центральної та південної Європи так само як і раніше займає добра виражена область зниженого тиску про те її центр змістився на північний захід і розташовується тепер над територією північної Італії. Треба зауважити що над територією Каспійського моря сформувався слабо виражений висотний циклон. Вісь струминної течії залишається не змінною і пролягає через північну Африку, Туреччину та Україну, а над територією ЄТР виділяється не великий центр підвищеного геопотенціалу. Величина градієнтів над територією у України залишається великою, оскільки циклонічний вихор над Європою не змінює своє положення

На ВТ 500/1000 простежується добре виражений гребінь тепла над територією України тому вона знаходиться у теплому секторі. Через територією північної Африки пролягає висотна фронтальна зона зі значними градієнтами, область зниженого геопотенціалу залишається над територією Європи, про те цей циклон майже повністю заповнений холодним повітрям а тому знаходиться на стадії оклюзії. Також цей циклон є квазістаціонарним оскільки вертикальна вісь майже немає нахилу. А над територією Каспійського моря залишається локалізована область зниженого геопотенціалу і пов'язаний з ним осередок холодного повітря.

Сильна та тривала пилова буря 23-24 березня 2007 р. виникла через створення на півдні України штормової зони між обширним антициклоном з центром над Уралом та циклоном над Чорним морем після бездощового періоду, отже за розрахунками зворотних траєкторій руху повітряних мас та хмари пилу за моделлю HYSPLIT, виявилось, що південна Україна, а саме район Херсону та Каховського водосховища були джерелом хмари пилу над Центральною Європою.

3.3 Циркуляційні умови утворення сильних та тривалих пилових бур

Пилові бурі спричиняють значні збитки економіці України. Вони пошкоджують і знищують посіви сільськогосподарських культур, руйнують орний шар ґрунту, знижують родючість земель, засипають будинки, дороги наносами пилу та піску.

До січня 2019 р. стихійним гідрометеорологічним явищем (СГЯ) вважалася пилова буря, якщо швидкість вітру в усі терміни спостережень сягає 15 м/с і більше і триває 12 год і більше. Згідно [9] пилова буря формує жовтий рівень небезпеки (НМЯ I) при швидкості вітру ≥ 12 м/с та тривалості від 3 до 12 год. Найнебезпечний червоний рівень (СМЯ III) буде складатися якщо швидкість перенесення пилу буде перевищувати 20 м/с більше доби (> 24 год.)

Частота пилових бур над Україною значно змінюється з року в рік. Це явище часто спостерігається у посушливі та суховійні роки (1828, 1837, 1892, 1898, 1899. 1928 -1930, 1936, 1946, 1948, 1949, 1953, 1954, 1957, 1959, 1960, 1962, 1966-1969, 1974, 1984, 1990 рр.) [7, 8, 10]. Деякі з них були інтенсивними і тривалими і охоплювали значну територію. Особливо інтенсивні та тривалі пилові бурі спостерігалися у січні-березні 1969 р. (з незначними перервами). Вони охопили 15 областей (південні, південно-східні і центральні), тобто більше половини території країни і завдали значної шкоди сільському господарству.

В Україні найбільш інтенсивні і тривалі пилові бурі спостерігаються лише у південних і східних областях країни [2]. На решті території явище такої інтенсивності за досліджуваний період не спостерігалось (рис. 3.19). Вони поширюються на значній території країни. Майже у 80% випадків СГЯ спостерігались на площі не менше 10 адміністративних районів. Іноді СГЯ можуть поширюватись на території декількох областей. Запиленість атмосфери по вертикалі може при цьому коливатись від 1-2 м до 6-7 км.

Сильні пилові бурі в регіоні спостерігаються кожні 4-5 років, а в пункті спостережень можуть бути один раз на 100 років. Частіше вони бувають у Запорізькій та Донецькій областях (рис. 3.19).

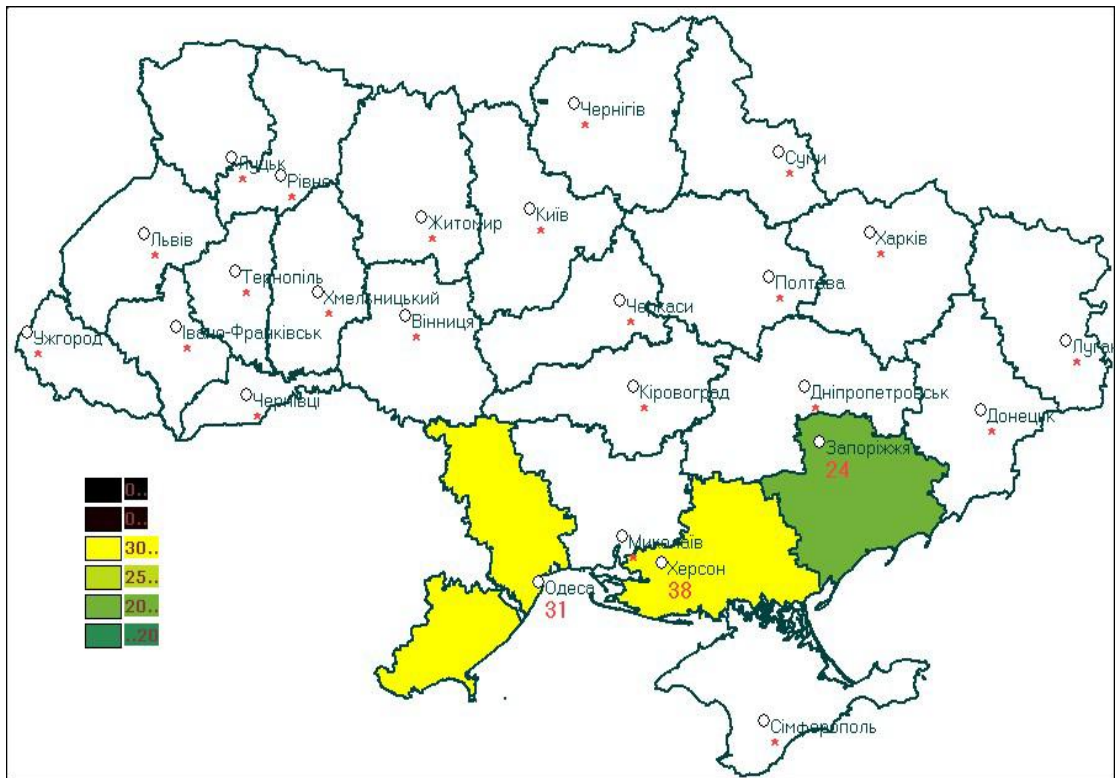
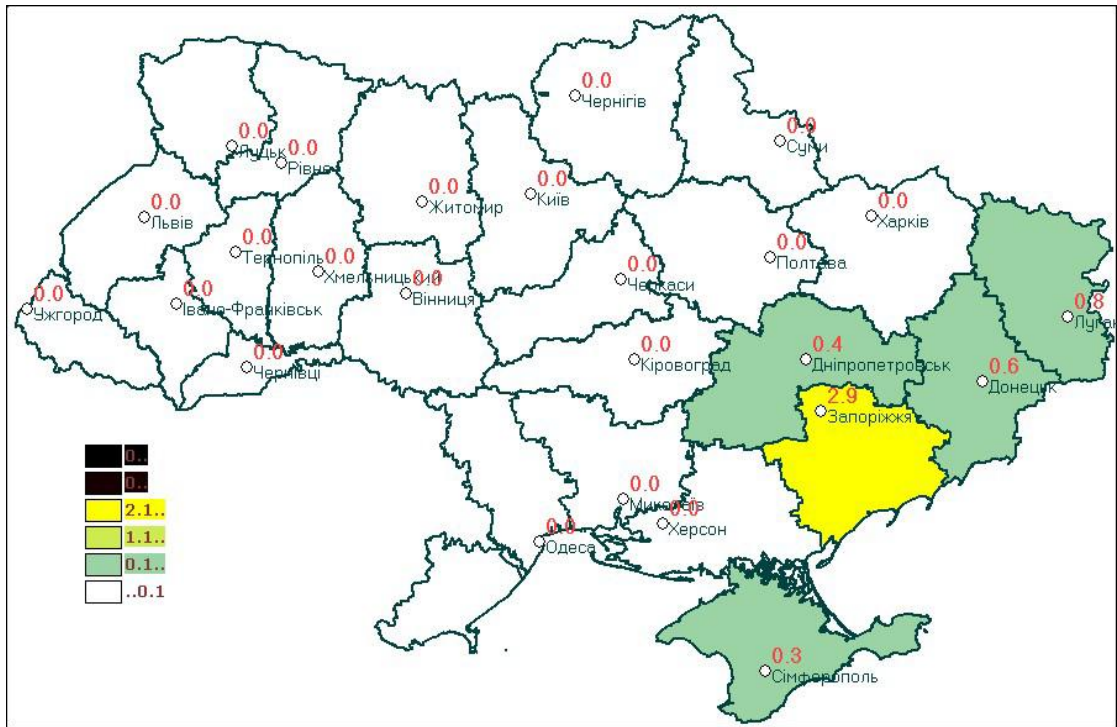


Рис. 3.19. Кількість випадків стихійних пилових бур у 1971-1990 та 1991-2010 рр. [2]

Середня швидкість вітру при цьому коливається від 19 до 26 м/с, а максимальна може сягати 34 м/с. У Херсонській та Дніпропетровській областях стихійні пилові бурі бувають рідше, проте їх інтенсивність значно

більша: середня швидкість вітру коливається від 28 до 36 м/с, а максимальна біля 40 м/с. Один раз на 100 років у пункті спостережень може відмічатись сильна пилова буря і в Луганській області, але СГЯ в цьому регіоні має найменшу інтенсивність: середня швидкість вітру під час пилової бурі становить 19 м/с, а максимальна -22 м/с .

Спостерігаються пилові бурі у засушливі і суховійні роки [7]. Із року в рік їх частота змінюється. Найбільш тривалі та інтенсивні пилові бурі спостерігались у 1969 році, коли вони поширились на більшу частину території України. У наступні роки СГЯ виникали значно рідше, охоплювали меншу територію, мали меншу інтенсивність та тривалість.

У періоди 1975-1976, 1978-1983, 1985-2006, 2008-2010 рр. стихійних пилових бур в Україні не спостерігалось (рис. 3.20). Їх відсутність можна пояснити достатньою кількістю опадів у цей період та зменшенням швидкості вітру.

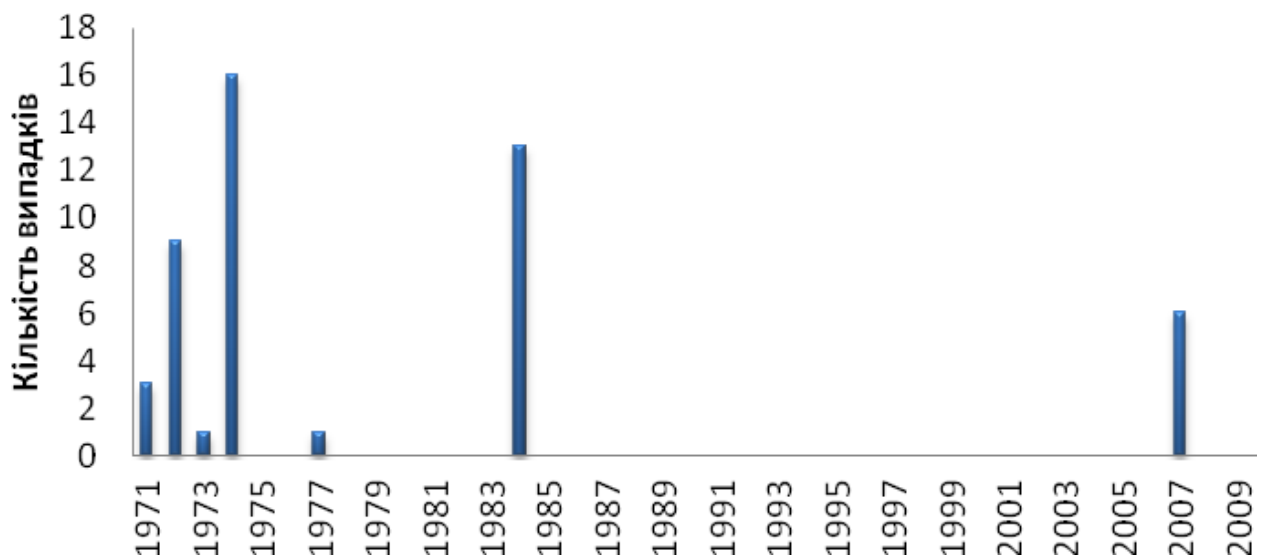


Рис. 3.20. Повторюваність стихійних пилових бур в Україні [2]

В останні роки з'являється тенденція до зростання інтенсивності процесів, що зумовлюють утворення пилових бур. Так, у квітні 2003 року на півдні України спостерігалась пилова буря, яка майже досягла критеріїв СГЯ. В окремих пунктах: Чорноморське, Бехтери, Маріуполь, Дар'ївка майже 10 год безперервно спостерігалась швидкість вітру 15 м/с і більше. Вона завдала значних збитків сільському господарству. СГЯ такої інтенсивності в Україні не відмічалось більше 20 років.

Оскільки виникнення стихійних пилових бур над Україною пов'язане з великомасштабними синоптичними процесами в помірних широтах Атлантико-Європейського регіону і та з макроциркуляцією Північної півкулі. Тому, слід розглянути питання про те, до яких типів атмосферної циркуляції віднесені пилові бурі. Розуміння такого зв'язку буде корисним у вдосконаленні прогнозування проявів пилових бур.

Існує багато класифікацій великомасштабної циркуляції атмосфери Північної півкулі, серед яких найбільш відома синоптична класифікація великомасштабних атмосферних процесів Б.Л. Дзердзеєвського [6] і якій у 2016 р. виконалася 70 років. Всі ці класифікації схематизують циркуляцію атмосфери, відкидаючи дрібні деталі баричного поля, що спрощує опис синоптичних процесів. Частина типів і груп типів із синоптичної класифікації Дзердзеєвського спостерігається досить синхронно з типами із класифікації, побудованої по формальних алгоритмах розбиття на кластери спостережених баричних полів.

В класифікації Дзердзеєвського тип великомасштабної атмосферної циркуляції для позатропічних широт Північної півкулі визначається положенням і характером основних синоптичних процесів у нижній тропосфері – переміщенням південних циклонів і траєкторій антициклонів, пов'язаних з арктичними вторгненнями. Ці процеси відображують відносно стійке у часі географічне положення висотних баричних улоговин і гребнів. Так звані елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ) розрізняються по числу та географічному положенню улоговин і гребнів у полі тиску середньої тропосфери і положенню траєкторій приземних баричних утворень. Число ЕЦМ, введених Дзердзеєвським, дорівнює 13. Незначні зміщення улоговин і гребнів у просторі і по сезонах доводить варіанти циркуляційних схем до 41. Цей набір дозволяє будь-який спостережений стан атмосфери віднести до конкретного типу циркуляції, так що зміни циркуляції в часі зводяться до зміни типів (протягом доби існує лише один тип).

Типи циркуляції утворюють 15 груп, що розрізняються на рівні АТ-500 по кількості та напрямку відхилень переважаючого повітряного потоку від чисто зонального. Групи не приурочені до сезонів року.

Типізація циркуляційних процесів Б.Л. Дзердзеєвського, може бути корисною в цілях середньострокового і довгострокового прогнозування

пилових бур. Можна припустити зв'язок типів ЕЦМ з умовами придатними або не придатними для формування стихійних пилових бур.

Деякі ЕЦМ, особливо 12г і 13з, за непрямыми ознаками супроводжуються пиловими бурями. Дослідження Н.І. Конової містять календар послідовної зміни ЕЦМ за 1899-2008 рр. [6]. Мабуть, на основі цього календаря можна провести кореляцію типів ЕЦМ з випадками сильних пилових бур.

При виникненні ЕЦМ 13з над Євразією виникає потужний стаціонарний антициклон (рис. 8). Ця барична ситуація сприяє висушуванню ґрунту і його видування в разі виникнення сильних вітрів, тому значна повторюваність цього ЕЦМ в кінці зими і навесні, а також на початку осені можна вважати показником його впливу на повторюваність пилових бур.

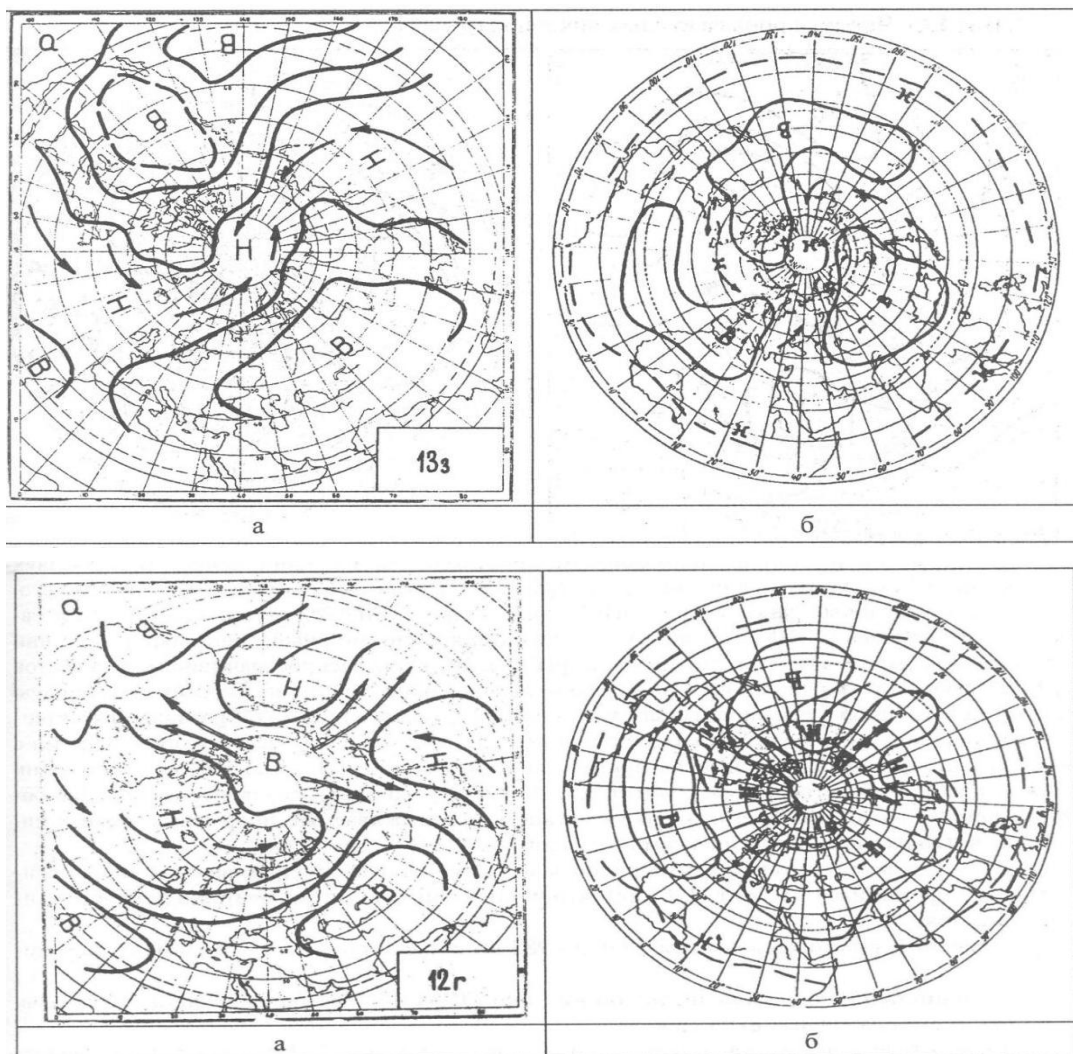


Рис. 3.21. Елементарні циркуляційні механізми 13з та 12г [6]

Як звісно з [8] сильні пилові бурі тривали над півднем та сходом України з 26 лютого по 7 квітня 1969 р., згідно календарю послідовної зміни ЕЦМ на Північною півкулею у цей період переважали ЕЦМ 11, 12 та 13 (табл. 3.1). Також вказані ЕЦМ переважали у лютому та березні 1984 г.

Табл. 3.1 – Календар послідовної зміни ЕЦМ з 20 лютого по 7 квітня 1969 р.

Період	ЕЦМ	Період	ЕЦМ	Період	ЕЦМ
20.02-7.04.1969					
20-26.02	13з	11-13.03	11, б	25-26.03	7бл
27-28.03	5а	14-15.03	10а	27-29.03	12вз
1-2.03	5г	16-17.03	11в	30.03-1.04	12а
3-4.03	7аз	18-19.03	13л	2-3.04	11 б
5-6.03	12г	20-21.03	12вз	4-5.04	13л
7-8.03	8гз	22-24.03	9б	6-7.04	7ал
9-10.03	12вз	11-13.03	11в		
20.02-7.04.1969					
12-19.02	13з	1-2.03	12бз	18-22.03	8гл
20-22.02	4а	3-9.03	11б	23-30.03	13з
23-27.02	13з	10-11.03	7бл		
28-29.02	12г	12-17.03	3а		
20.02-7.04.1969					
21-22.03	12а	23-25.03	12бл		

Останній випадок формування стихійної пилової бурі був 23-24 березня 2007 г. під час панування 12 типу, а саме 12а та 12 бл.

Отже, виникненню пилових бур над півднем України сприяло встановлення та тривале збереження 11, 12 та 13 ЕЦМ, особливо 12г.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи отримані наступні висновки:

1. Сильні пилові бурі, що охоплюють великі площі можуть спостерігатися на півдні України та спричиняти великі збитки сільському та комунальному господарству регіону.

2. За період 2005-2019 рр. пилова буря виявилася 51 раз. Отже, пилові бурі над півднем України виникали не щорічно, в середньому 2-3 рази на рік, але у 22-24 березня 2007 р. над регіоном спостерігалася сильна пилова буря, яка завдала значних збитків та спостерігалася над всіма пунктами, крім Ізмаїла. Другий за активністю місяць – червень (5 випадків).

3. Підчас більшості пилових бур у регіоні не відмічалось значного погіршення видимості та сильного вітру за винятком 22-24 березня 2007 р., коли спостерігалось зниження видимості до 400 м при східному та південно-східному вітрі зі швидкістю 12-18 м/с з поривами до 29 м/с над Миколаєвом.

4. Переважали короточасні пилові бурі (лише один строк спостереження) з відносно невеликим погіршенням видимості, які утворювалися перед початком грози через пориви вітру під купчасто-дощовою хмарою над підсушеною підстильною поверхнею або в холодний період року, при нестійкому сніговому покриві або при його відсутності після тривалого бездощового періоду.

5. Виявлене збільшення у 2,6 та 2,8 разів випадків формування явища над Ізмаїлом та Одесою, а також менш значне над Миколаєвом. Над рештою пунктів, у східному напрямку, пилові бурі утворювалися з 2005 по 2019 рр. менш частіше, ніж у 1961-1900 рр., а на ст. Нова Каховка кількість днів з пиловою бурею зменшилася удвічі – з 4,1 до 2,0 дня на рік у середньому за період.

6. Короточасна пилова буря 11 березня 2019 р. утворилася у зоні значним баричних градієнтів між обширним циклоном с центром в районі Санкт-Петербурга та гребнем Азорського антициклону проходження фронтального розділу в зоні максимальної адвекції холодного та сухого повітря.

7. Локальна і дуже інтенсивна пилова буря у Запорізької області 9 серпня 2019 р. виникла внаслідок формування потужного конвективного мезомасштабного комплексу і утворення зони шквалів безпосередньо над піщаною ділянкою узбережжя Азовського моря.

8. Сильна та тривала пилова буря 23-24 березня 2007 р. виникла через створення на півдні України штормової зони між обширним антициклоном з центром над Уралом та циклоном над Чорним морем після бездошового періоду, отже за розрахунками зворотних траєкторій руху повітряних мас та хмари пилу за моделлю HYSPLIT, виявилось, що південна Україна, а саме район Херсону та Каховського водосховища були джерелом хмари пилу над Центральною Європою.

9. Виникненню пилових бур над півднем України сприяло встановлення та тривале збереження 11, 12 та 13 ЕЦМ, особливо 12г.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.:Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
2. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведення просторового аналізу тенденцій зміни частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ на території України внаслідок зміни клімату» [Електронний ресурс]. УкГМІ, 2013. <https://uhmi.org.ua/project/rvndr/extrime.pdf>
3. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
4. Івус, Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б., Сергунова О.Д. Умови формування пилової бури над півднем України 23 березня 2007 р. та її наслідки для Західної Європи // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. 2011. № 2 (13). С. 14-25.
5. Івус Г.П., Агайар Е.В., Гурська Л.М., Семергей-Чумаченко А.Б. Циркуляційні умови виникнення сильного та стихійного вітру над південним заходом України // Український гідрометеорологічний журнал. 2016. № 17 С. 38-48.
6. Календарь последовательной смены ЭЦМ по периодам [Электронный ресурс]. <http://atmospheric-circulation.ru> (дата звернення 10.12.2019 р.).
7. Клімат України. К.: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
8. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине. - Л.:Гидрометеиздат, 1972. - 236 с
9. Настанова з метеорологічного прогнозування. Український гідрометеорологічний центр. Київ: 2019, 35 с. https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/настанова%20з%20метеорологічного%20прогнозування.pdf
10. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М.Бабіченко. К.: Ніка-Центр, 2006. 312 с.
11. Fiedler¹S., Schepanski²K., Knippertz¹P., Heinold²B., Tegen²I. How important are atmospheric depressions and mobile cyclones for emitting mineral dust aerosol in North Africa? // Atmos. Chem. Phys., 2014, № 14, P. 8983–9000,

12. <http://www2.sat24.com/history.aspx?culture=en> (дата звернення 10.12.2019 р.).
13. https://24tv.ua/ru/avstraliju_nakryla_pyl_naja_burja_neverojatnye_foto_i_video_n1067992
14. Convention to Combat Desertification UNO. <https://www.unccd.int/> (дата звернення 15.11.2019 р.)
15. http://eumetrain.org/rgb_quick_guides/quick_guides/DustRGB.pdf (дата звернення 5.12.2019 р.).
16. <http://eumetrain.org/eport.html> (дата звернення 10.12.2019 р.).
17. https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Australian_dust_storm (дата звернення 28.10.2019 р.).
18. <https://fakty.ua/314151-zaporozhskuyu-oblast-nakryla-peschanaya-burya-v-set-vylozhili-vpechatlyayucshee-video-iz-kirillovki-i-melitopolya>
19. Monitoring weather and climate from space. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html> [Електронний ресурс]. (дата звернення 25.11.2018 р.).
20. <http://www.nwcsaf.org/web/guest/nec/geo-geostationary-archiv> (дата звернення 18.11.2019 р.).
21. <https://public.wmo.int/ru/песчаные-и-пыльные-бури-0>
22. https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php (дата звернення 10.12.2019 р.).
23. Rivas-Perea, P., J. G. Rosiles, and J. Cota-Ruiz. Statistical and neural pattern recognition methods for dust aerosol detection // International journal of remote sensing, 2013.
24. <http://rp5> (дата звернення 2.11.2019 р.)
25. https://ru.slovoidilo.ua/2019/03/11/novost/obshhestvo/odesse-pyl_naja-burya (дата звернення 10.11.2019 р.)
26. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22267/Frontiers_2017_CH4_RU.pdf
27. <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php> (дата звернення 9.12.2019 р.).

ДОДАТОК А

кафедри метеорології та кліматології
на магістерську роботу студентки гр. МЗМ–18
гідрометеорологічного інституту ОДЕКУ

Курашової Зарини Олександрівни

Тема магістерської роботи:
«Пилові бурі над півднем України»

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

В.о. зав. кафедрою
метеорології та кліматології

к.геогр.н., доц. Прокоф'єв О.М.

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми наукових робіт, автор, керівник роботи)	Кількість кредитів
Наукові статті	
Університетські конференції, семінари, гуртки	
1. Конференція молодих вчених ОДЕКУ 10 травня 2019 р. Тема доповіді: Пиллові бурі над південним заходом України	0,25
2. Наукові гуртки та семінари 2018, 2019	0,25
Опубліковані тези конференцій:	
Курашова З.О. Семергей-Чумаченко А.Б. Пиллові бурі над південним заходом України // Матеріали наук. конференції молодих вчених ОДЕКУ. 2019. С. 249-251.	0,25
Участь у виконанні НДР	
«Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр.) ДР № 0115U006532 - 2018, 2019 р.	0,20 0,20
Конкурсні роботи:	
Конкурс наукових робіт серед студентів ОДЕКУ за напрямком географічні науки (гідрометеорологія) у 2018 рр., ОДЕКУ, м. Одеса: Помаранчевий сніг в Одесі (2018)	0,25
Пиллові бурі над півднем України (2019)	0,25
ВСЬОГО	1,50

ДОДАТОК Б

----- Станция 33833 - Сербка ----- Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 07 час 02 мин по МСВ. >>> WAREP 33833 1107021 11 1201014= ОЯ - ветер: Напр.=200°, скорость=10м/сек, порыв=14м/сек
----- Станция 33833 - Сербка ----- Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 11 час 01 мин по МСВ. >>> WAREP 33833 1111011 11 1241424= ОЯ - ветер: Напр.=240°, скорость=14м/сек, порыв=24м/сек
----- Станция 33833 - Сербка ----- ==Отмечен КОНЕЦ ОЯ (AVIA) время: 12 час 55 мин по МСВ. >>> WAREP 33833 1112551 40 75509//= ОЯ - Пыльная песчаная буря. Дальность видимости 5км
----- Станция 33833 - Сербка ----- Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 11 час 35 мин по МСВ. >>> WAREP 33833 1111351 40 73032// 11 1251419= ОЯ - Буря слабая и усиливается. Дальность видимости 3км ОЯ - ветер: Напр.=250°, скорость=14м/сек, порыв=19м/сек
----- Станция 33833 - Сербка ----- ==Отмечен КОНЕЦ ОЯ (AVIA) время: 15 час 05 мин по МСВ. >>> WAREP 33833 1115051 11 1250710= ОЯ - ветер: Напр.=250°, скорость=7м/сек, порыв=10м/сек

Рис. Б.1. Декодирования телеграм WAREP (повідомлення про ОЯ) за 11.03.2019