

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра метеорології та кліматології

**Бакалаврська кваліфікаційна робота**

на тему: Циркуляційні та термодинамічні умови виникнення  
сильного вітру над Одеською областю

Виконав студент IV року навчання  
групи МКА-41  
спеціальності 103 Науки про Землю  
Панченко Єлизавета Андріївна

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

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

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

“27” квітня 2020 року

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

Панченко Єлизаветі Андріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Циркуляційні та термодинамічні умови виникнення  
сильного вітру над Одеською областю

керівник роботи к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти 17 квітня 2020 року № 40-с

2. Строк подання студентом роботи 02 червня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Дані восьми-строкових метеорологічних  
спостережень на метеостанціях Одеської області. 2. Дані Кліматичного  
кадастру України. 3. Синоптичні карти та супутникові знімки 4. Дані  
радіозондування над Одесою. 5. Дані моделі GFS

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які  
потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою дослідження. 2.  
Характеристика вітрового режиму України 3. Визначення особливостей  
сучасного режиму утворення сильного вітру над Одеською областю. 4.  
Систематизація циркуляційних чинників формування сильного вітру у  
Північно-Західному Причорномор'ї. 5. Характеристика термодинамічного  
стану атмосфери напередодні посилення вітру. 6. Аналіз умов виникнення  
сильного вітру 24 лютого 2020 р.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових  
креслень.) Рис. 1.1–1.2 – карти регіону дослідження; Рис. 1.3–1.4 – вітровий  
режим України. Рис. 1.5 – циркуляційні умови півдня України. Рис. 2.1-2.5 –  
характеристики вітрового режиму Одеської області, Рис. 3.1–3.6 –  
повторюваність, циркуляційні та термодинамічні умови утворення сильного  
вітру над Одещиною у 2005-2020 рр.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 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>	27.04-2.05.2020	90	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	3-8.05.2020	90	відмінно
3.	<i>Характеристика режиму та циркуляційних умов утворення сильного вітру на території Одеської області з 2005 по квітень 2020 рр.</i>	9-12.05.2020	90	відмінно
4.	<b>Рубіжна атестація</b>	13-18.05.2020	90	відмінно
5.	<i>Визначення термодинамічного стану тропосфери напередодні посилення вітру</i>	19-25.05.2020	90	відмінно
6.	<i>Аналіз синоптичних процесів та термодинамічного стану тропосфери 24 лютого 2020 р</i>	26-28.05.2020	90	відмінно
7.	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку</i>	29-31.05.2020	90	відмінно
8.	<i>Оформлення бакалаврської роботи.</i>	1.06.2020	90	відмінно
9.	<i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту бакалаврської роботи.</i>	2-8.06.20	90	відмінно
10.	<i>Попередній захист бакалаврської роботи.</i>	9-12.06.20	90	відмінно
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>90</b>	<b>відмінно</b>

Студент

\_\_\_\_\_ Панченко Є. А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

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

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Загальна характеристика вітрового режиму України .....	6
1.1 Короткий опис регіону дослідження.....	6
1.2 Кліматичний режим вітру на території України.....	9
1.3 Особливості атмосферної циркуляції півдня України .....	12
2 Режим утворення сильного вітру в Одеській області .....	15
2.1 Кліматичний режим швидкості вітру в Одесі .....	15
2.2 Середньорічна швидкість вітру на станціях Одеської області у 2005-2020 рр. у порівнянні з попереднім періодом.....	15
2.3 Розподіл швидкості вітру за градаціями над регіоном дослідження .....	19
2.4 Повторюваність та географічний розподіл утворення сильного вітру над Одещиною.....	22
3 Умови формування сильного вітру над Одещиною .....	24
3.1 Синоптичні умови утворення сильного вітру над Одеською областю ...	24
3.2 Аналіз вертикального розподілу температури та швидкості вітру напередодні його посилення біля землі .....	28
3.3 Синоптичні умови виникнення сильного вітру Одеській області 22-24 лютого 2020 р. ....	32
Висновки .....	36
Перелік посилань.....	37
Додаток А.....	38

## ВСТУП

Сильний вітер значно впливає на умови життя та господарську діяльність людини та суспільства, тому що він може завдавати збитки комунальному господарству міст та селищ, руйнувати будівлі, порушувати роботу зв'язку та транспорту, навіть призводити до загибелі людей. З посиленням вітру пов'язані шквал, смерч, пилова буря, хуртовина, які є одними з найпоширеніших метеорологічних явищ I-III рівнів небезпечності в Україні. Актуальність проблеми визначається руйнівними наслідками посилення вітру до небезпечної інтенсивності.

До явищ I, II та III рівня небезпечності (НМЯ I, СМЯ II та СМЯ III) належать метеорологічні явища, які за своєю інтенсивністю та тривалістю досягли критеріїв вказаних в [6]. Вітер за критеріями I, II, III рівнів небезпечності та відповідним кольоровим позначенням підрозділяється на: НМЯ I (жовтий) вітер – якщо швидкість вітру 15-24 м/с; СМЯ II (помаранчевий) сильний вітер – 25-34 м/с; СМЯ III (червоний) надзвичайний вітер – більше 35 м/с, при будь-якій тривалості. У прогнозах погоди вказують напрям (звідки дме вітер) та швидкість вітру з інтервалом не більше 5 м/с. Вказувати швидкість вітру, переходячи межі рівнів небезпечності, не дозволяється.

Мета бакалаврської кваліфікаційної роботи - виявлення циркуляційних та термодинамічних умов утворення сильного вітру над Одещиною у період з 2005 по квітень 2020 рр.

Основними джерелами інформації є восьми-строкові спостереження на метеорологічних станціях Одеса-ГМО, Одеса-АМСЦ, Чорноморськ, Роздільна, Любашівка, Сербка, Затиштя, Балта, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Дунайська ГМО (Ізмаїл) з лютого 2005 по квітень 2020 р. у вигляді бази даних [9].

Об'єкт дослідження – швидкість вітру над Одеською областю.

Предмет дослідження – характеристики стану атмосфери при виникненні сильного вітру над Одеською областю.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення даних, синоптичний аналіз.

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

У вступі формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ містить в собі загальну характеристику регіону дослідження та циркуляційного режиму на півдні України.

Другий розділ присвячений визначенню сучасного режиму вітру над Одеською областю,

Третій розділ складається з визначення сучасних умов утворення сильного вітру над Одеською областю та типізації синоптичних процесів.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 11 літературних джерел.

Робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках науково-дослідної роботи «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над Україною» (2020-2024 рр.) ДР № 0120U100487).

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІТРОВОГО РЕЖИМУ УКРАЇНИ

## 1.1 Короткий опис регіону дослідження

Одеська область є найбільшою за територією областю України, яка знаходиться на південному заході країни. На північ та схід від неї розташовані Вінницька, Кіровоградська та Миколаївська області, на південь та захід – Румунія та Молдова, а південний захід Одещини є узбережжям Чорного моря, (рис. 1.1), також до складу області входить острів Зміїний [10].

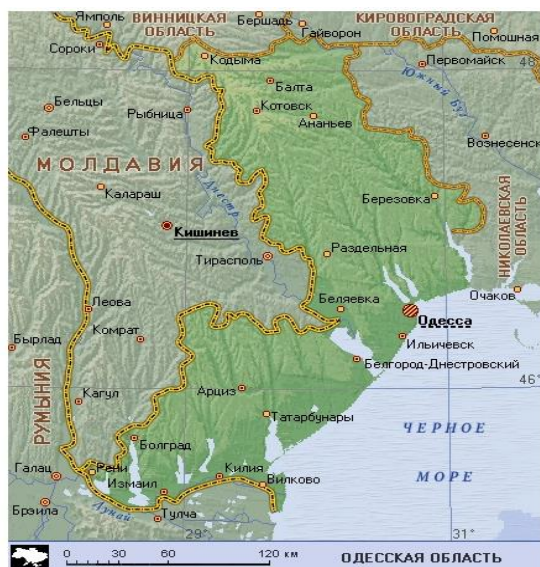


Рис. 1.1. Географічне розташування карта Одеської області

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

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

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

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

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

Обласним центром є місто Одеса, яке розташоване на південно-західній околиці Причорноморської низовини, що обривається уступом до берегів Чорного моря (рис.1.1). Середня висота степового плато складає близько 40–50 м [10]. Місто широкою смугою простягнулося вздовж узбережжя Одеського заливу на відстані 50 км від селища Котовського, що розташоване на півночі, до селища Чорноморки (Люсдорф) на півдні, площа міста приблизно складає  $150 \text{ км}^2$ .



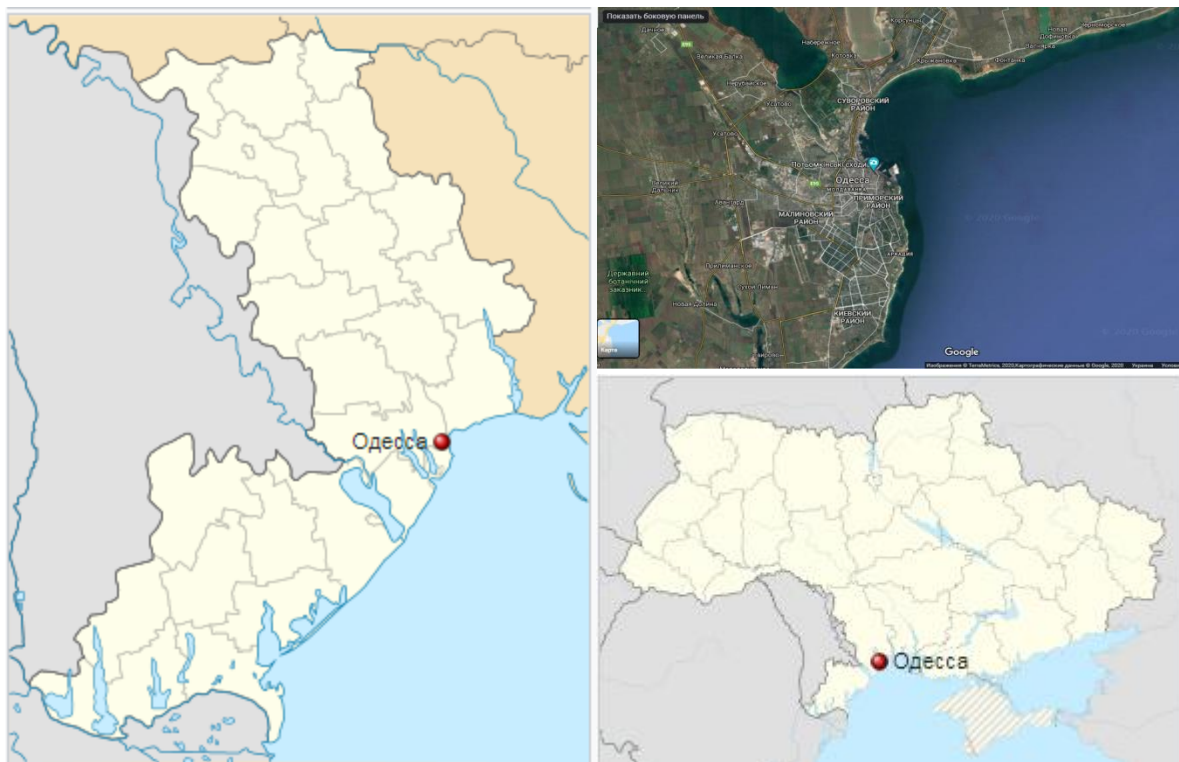


Рис. 1.2. Географічне розташування та супутниковий знімок м. Одеса

В межах прибережної зони спостерігається невелике зменшення висот плато в напрямку на південь і на південний захід. В північно-західному напрямленні висота плато підвищується від Одеси до ст. Дачної приблизно вдвічі. Таким чином в напрямку на північний захід висота плато збільшується в середньому на 2 м на кожний кілометр.

Рівнинний характер плато порушується ярами і балками, направленими своїми гирлами до моря, до долини Хаджибейського лиману. Найбільші балки – Аркадійська, Середньо-Фонтанська, Більше-Фонтанська, Чорноморська, Безіменний яр, Ковалевська; в північній частині міста на правому схилі Хаджибейського лиману – Водяна, Крива, Усатовська, Нерубайська.

Найнижчі відмітки в Одесі зареєстровані в районі Пересипі – території стародавніх гирлових і заплавних частин лиманів, яка відділяє Хаджибейський та Куяльницький лимани від Чорного моря. Прибережні ділянки плато знаходяться в зоні інтенсивних зсувних процесів.

В результаті активних зсувних зрушень майже по всьому узбережжю виникла зсувна тераса, ширина якої від 8 до 280 м.

## 1.2 Кліматичний режим вітру на території України

Вітровий режим України зумовлюється макроциркуляційними процесами в атмосфері та положенням баричних центрів над континентом Євразії та Атлантикою. В окремих регіонах розподіл напрямку та швидкості вітру значно змінюється під впливом орографічних особливостей і залежить від орієнтації долин, наявності водойм, морів. Протягом року відбувається зміна переважного напрямку та швидкості вітру. Сезонне зміщення та інтенсивність окремих центрів дії атмосфери визначають річний хід характеристик вітру.

Важливою характеристикою вітрового режиму є швидкість вітру, яка визначається баричним градієнтом та умовами циркуляції атмосфери. Найбільша середня місячна швидкість вітру спостерігається майже на всій території України у лютому (50-55%), іноді цей максимум припадає на січень (рис. 1.3) [4].

Найменша швидкість вітру відмічається влітку, коли Україна перебуває під впливом Азорського антициклону, а циклонічна діяльність послаблена (рис. 1.3). Зазначимо, що в цю пору року швидкість вітру має добре виражений добовий хід. Максимальне її значення припадає на після-полуденні години (15 год.). Мінімальна швидкість відмічається у нічні години. Добова амплітуда швидкості вітру у липні коливається на території від 1,0 до 3,0 м/с. Взимку добовий хід має згладжений характер, добова амплітуда коливається у січні у межах від 0,2 до 1,0 м/с [4].

За багаторічними даними, середньорічна швидкість вітру в Харкові становить 4,0 м/с. Але протягом року швидкість вітру неоднакова. Деякі грози супроводжуються сильними шквалами.

Швидкість вітру при таких шквалах може перевищувати 25 м/с, що може спричинити значні збитки. Іноді сильний вітер (і відповідно, найсильніші зливи) може принести тропічний циклон з Чорного і Середземного моря (це теж буває звичайно в літній період) [4, 7, 8].

Мінливість числа днів з вітром понад 15 м/с зростає зі збільшенням повторюваності сильного вітру. На південному сході, в Українських Карпатах та Кримських горах середнє квадратичне відхилення становить 15 днів. На Закарпатській низовині, де частота сильного вітру незначна, середнє

квадратичне відхилення зменшується до 5 днів, а на решті території становить 10 днів. Значну цінність мають дані щодо максимальної швидкості вітру. Просторовий розподіл максимальної швидкості вітру за рік має плямистий характер - виділяються окремі райони зі значною швидкістю вітру (понад 40 м/с): крайня північ, північний схід, на південь від лінії Гайворон - Лошкарівка - Дебальцеве (рис. 1.4).

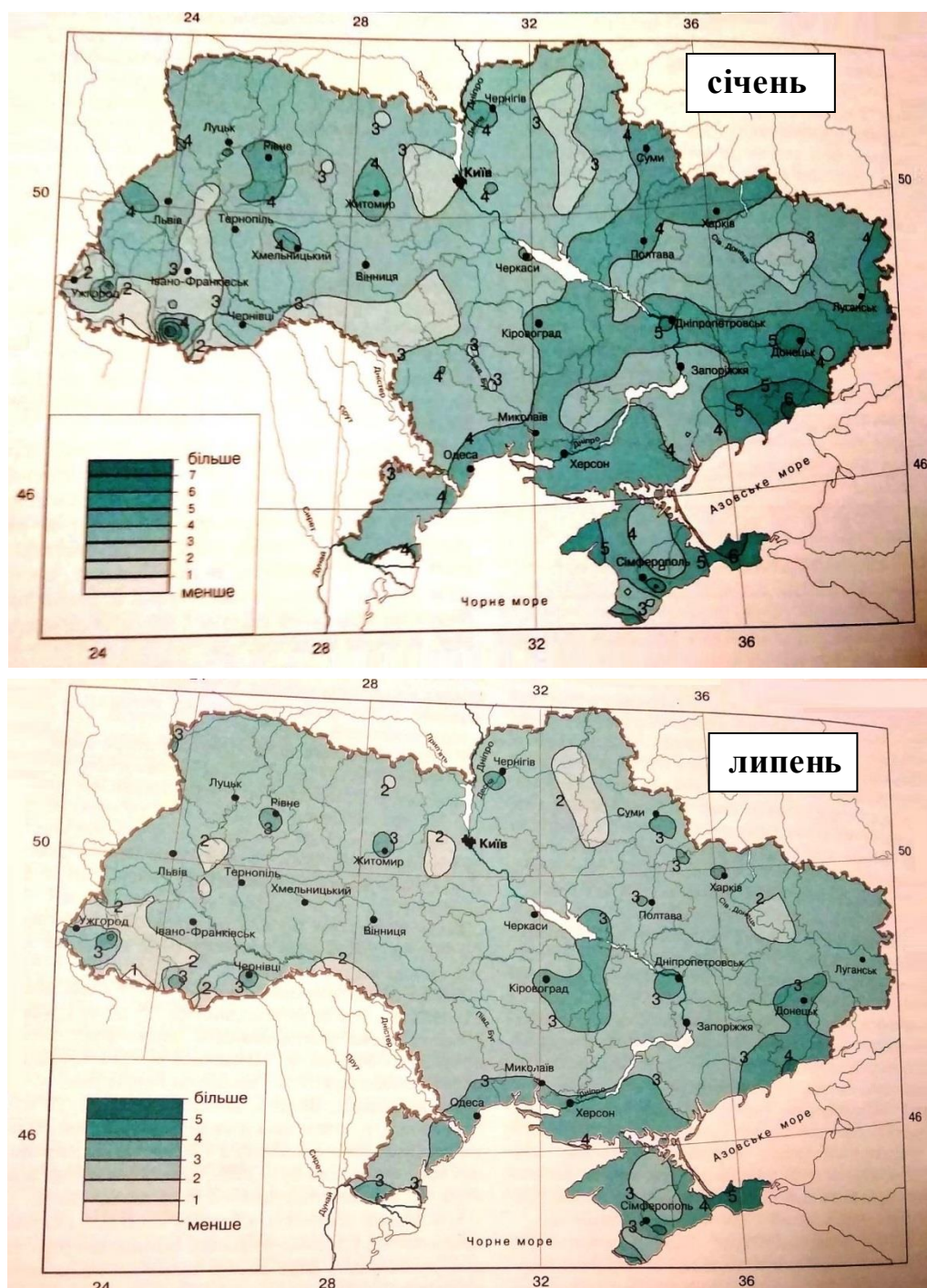


Рис. 1.3. Розподіл середньомісячної швидкості вітру (м/с) по території України у січні та липні [4]

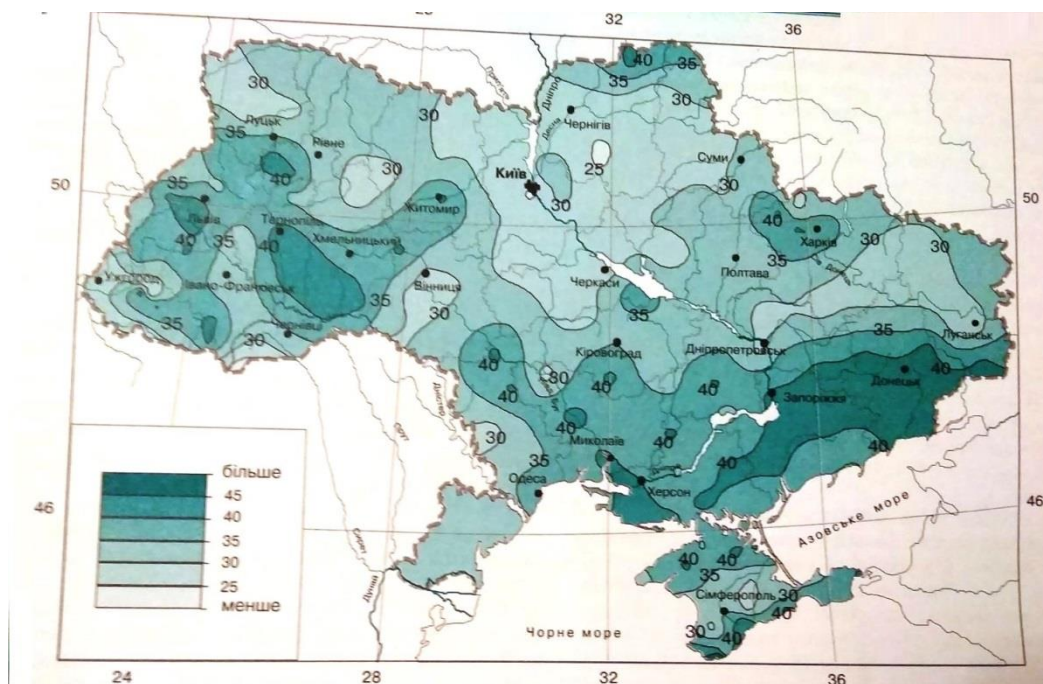


Рис. 1.4. Розподіл максимальної швидкості вітру по території України (м/с) за рік [4]

Така швидкість зафіксована також на Волинській та Подільській височинах та у Передкарпатті, дещо зменшується максимальна швидкість (до 30-35 м/с) у центральних районах, на крайньому півдні та північному заході. Особливий режим максимальної швидкості відмічається в Українських Карпатах та Кримських горах, де на відкритих підвищених ділянках зафіксовано максимальну швидкість вітру 45 м/с, а на Закарпатській низовині вона становить 20-25 м/с. Максимальна швидкість вітру на значній частині території характерна для холодного періоду року і лише на південному заході, а також в окремих районах вона відмічається у жовтні. Повторюваність такої швидкості у зимові місяці становить 10-20 %, у літні - 4-5 % і спостерігається під час проходження холодних фронтів та циклонів. Інколи значна максимальна швидкість вітру відмічається на початку весни. Великі значення максимальної швидкості найрідше відмічаються у вересні. Значна повторюваність сильного вітру на південному сході, півдні та в Українських Карпатах і Кримських горах дає підставу розглядати вітер як можливе джерело дешевої енергії. Максимальна швидкість вітру за останній період збільшилась, а в окремих регіонах зафіксовано швидкість вітру, що перевищує 45 м/с [4].

### 1.3 Особливості атмосферної циркуляції півдня України

Атмосферна циркуляція – загальна система великомасштабних повітряних течій над земною кулею. У тропосфері сюди відносяться пасати, мусони, повітряні течії, пов’язані з циклонами і антициклонами, в стратосфері – переважно зональні (західні і східні) перенесення повітря з накладеними на них так званими довгими хвилями. Циркуляція атмосфери є найважливішим кліматоутворюючим процесом [7].

Існування циркуляції атмосфери обумовлено неоднорідним розподілом атмосферного тиску (наявністю баричного градієнту).

Температура, вологість, вітер, хмарність та інші метеорологічні елементи знаходяться в залежності від властивостей повітряних мас та від вертикальних рухів в атмосферних циркуляційних системах.

При вивченні ролі атмосферної циркуляції у формуванні клімату необхідно враховувати як великомасштабну циркуляцію, так і регіональні процеси, які безпосередньо впливають на клімат відносно невеликої території. Циклони помірних широт, які переміщуються з заходу і північного заходу, не чинять безпосередній вплив на південь України. Розвиток цих циклонів над Східною Європою супроводжується проходженням через південні райони улоговини або утворенням перехідної зони між циклонами і розташованими північніше областями високого тиску.

Через південь України над її центральною частиною переміщується тільки циклони, які утворюються в басейні Середземного і Чорного морів, а також невеликі циклони, які утворюються на холодних фронтах, що переміщуються з заходу та північного заходу [7].

Периферійні атмосферні процеси до яких відносяться мало збурені переноси південної, західної та східної складової, а також мало градієнтні поля тиску у землі, впливають на південь України відповідно в 23 та 18% випадків (рис. 1.5а).

Другий різновид периферійних атмосферних процесів – західний і північно-західний переніс. Він формується на південній периферії циклонів помірних широт (рис. 1.5б).

При південному переносі (рис. 1.5в) в залежності від сезону спостерігаються різноманітні погодні умови: в теплий період переважає

малохмарна погода, в холодний – тумани, низька хмарність, мряка. В середній і верхній тропосфері південному переносу відповідають вітри південного або південно-західного напрямку в передній частині висотної улоговини. Безпосередньо після південного переносу часто відбувається вихід південних циклонів (46%) або переміщення улоговин з заходу (25%).

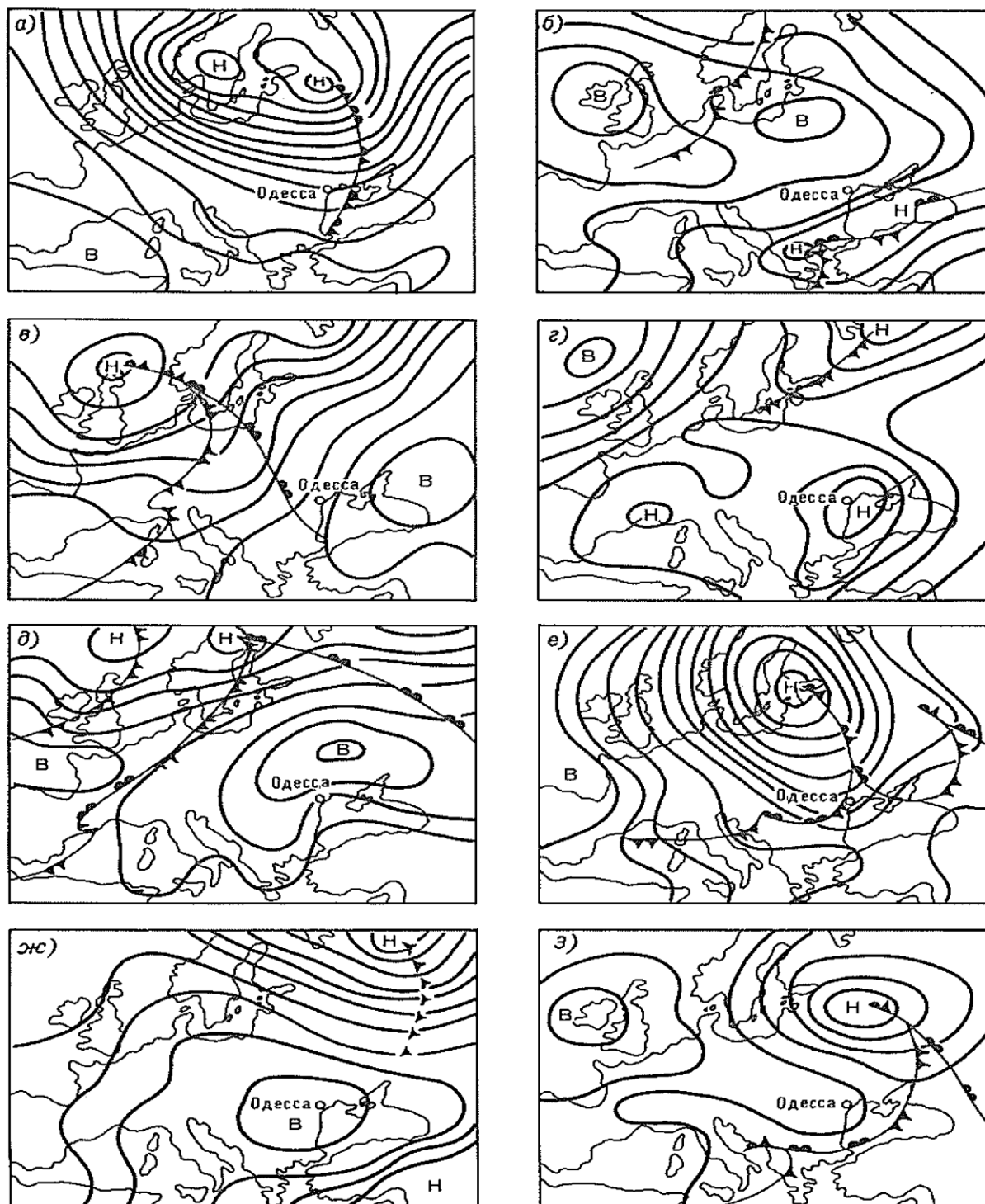


Рис. 1.5. Атмосферні процеси півдня України [7]

До циклонічної циркуляції на півдні України відносяться три різновиди атмосферних процесів (рис. 1.5г, е): південні циклони, улоговини, які переміщуються з заходу, і чорноморська депресія. Одним з найбільш часто процесів на півдні України є переміщення улоговин з заходу (18%).

Південь України часто знаходиться під впливом областей високого тиску. Переважання антициклоніальних процесів на півдні України найбільш суттєво визначає риси клімату регіону – відносно велику зволоженість і підвищені значення сонячної радіації. В середньому за рік спостерігається 38 випадків (29% від кількості всіх процесів) з антициклонами і гребнями.

Стаціонавання антициклонів (рис. 1.5д) над півднем України обумовлює малоохмарну погоду з низькими температурами взимку, спекотною погодою влітку і заморозками в осінні і весняні місяці. Часто вслід за антициклоном, який переміщується на схід, на південь України з заходу насувається улоговина з розташованим в ній фронтом.

Часто над півднем України спостерігаються гребні, орієнтовані з заходу, які називаються азорськими (рис. 1.5ж, з). Гребні, орієнтовані зі сходу, спостерігаються значно рідше ніж гребні, орієнтовані з заходу.

В літні та осінні місяці атмосферна циркуляція різко відрізняється від циркуляції в холодний період. В цей час чітко виражене переважання антициклоніальних процесів і малоградієнтних полів тиску. Збільшується повторюваність мало збурених зональних переносів повітряних мас у землі, але з невеликими швидкостями, так як над Чорним морем переважає фон підвищеного тиску і градієнти вздовж північного узбережжя малі. Південні циклони влітку (за деякими виключеннями) – явище рідке, а улоговини виражені слабо.

## 2 РЕЖИМ УТВОРЕННЯ СИЛЬНОГО ВІТРУ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

### 2.1 Кліматичний режим швидкості вітру в Одесі

Одеса та Одеська область за умовами циркуляції та географічного розташування відноситься до регіону з підвищеним фоном швидкостей вітру [1, 4, 7, 8], тому штили в Одесі у всі сезони року відмічаються порівняно рідко через вплив моря, яке підтримує постійний контраст температури і градієнт тиску. В Одесі, як і в інших районах північно-західного узбережжя Чорного моря, широко розповсюджені бризи, тобто місцеві періодичні вітри, які спостерігаються на берегах великих водоймищ. Вдень у поверхні землі ці вітри дмуть з моря на сушу. Вище спостерігається переніс повітря в зворотному напрямку (антибриз). Вночі нижній потік направлений з суші на море, а верхній або відсутній, або направлений з моря на сушу. Денні бризи називаються морськими, а нічні – береговими [5].

Протягом року на ст. Одеса-ГМО у 1961-1990 рр. найчастіше відмічався вітер швидкістю 4–5 м/с. В річному ході максимальні середньомісячні швидкості вітру майже на всіх метеостанціях окіл Одеси приходяться на грудень–січень (5,0–6,7 м/с), а мінімальні – на літні місяці. В межах міста найбільша швидкість вітру спостерігається на узбережжі, вона зменшується до центру на 1,0–1,5 м/с взимку і на 0,7 м/с – влітку. З жовтня по лютий великими швидкостями (8–9 м/с) характеризувався вітри східного і північно-східного напрямків. Влітку середні швидкості вітру незалежно від напрямку не перевищували 5 м/с [4].

### 2.2 Середньорічна швидкість вітру на станціях Одеської області у 2005-2020 рр. у порівнянні з попереднім періодом

Останніми десятиріччями [2-4] спостерігалось послаблення вітру на території України, та більшість території Одеської області також не є винятком з цієї тенденції.

До дослідження сучасного вітрового режиму Одещини залучені дані метеорологічних спостережень на 13 станціях (рис. 2.1) Одеської області



(Одеса-ГМО, Одеса-АМСЦ, Чорноморськ (Іллічівськ), Роздільна, Любашівка, Сербка, Затишшя, Балта, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Дунайська ГМО (Ізмаїл), Вилкове) та розраховувалися характеристики вітрового режиму з лютого 2005 по квітень 2020 рр.



Рис. 2.1. Географічне розташування пунктів дослідження над Одеською областю: 1 - Балта, 2 - Любашівка, 3 - Затишшя, 4 - Сербка, 5 - Роздільна, 6 - Одеса-ГМО, 7 - Чорноморськ, 8 - Білгород-Дністровський, 9 - Сарата, 10 - Болград, 11 - Вилкове, 12 - Дунайська ГМО (Ізмаїл).

В табл. 2.1 представлені середньорічні швидкості вітру за 2005-2020 рр. у порівнянні з попереднім кліматичним періодом (1961-1990 рр.). Так, над Одесою-ГМО середньорічне значення швидкості вітру зменшилося на 1,1 м/с, а саме від 3,9 до 2,8 м/с. Більш за все (на 1,3 м/с) зменшилася швидкість вітру над Вилкове – з 3,5 на 2,2 м/с. Також значним (0,8 м/с) виявилось послаблення вітру на станціях Сербка, Сарата та Ізмаїл. Над Білгород-Дністровським, навпаки, швидкість вітру зросла на 0,4 м/с. Над рештою пунктів дослідження відбувалося менш інтенсивне зменшення швидкості вітру, а саме від 0,3 м/с на Затишшям до 0,6 м/с над Любашівкою, Роздільною та Болградом. Отже, в середньому, над Одещиною середньорічна швидкість вітру зменшилася від 3,4 до 2,8 м/с.

Таблиця 2.1 – Значення середньорічної швидкості вітру над Одещиною за 1961-1990 [5] та 2005-2020 рр.

Станція	$V_{\text{ср}}, \text{ м/с}$		$\Delta V_{2005-2020}^{1961-1990}, \text{ м/с}$
	1961-1990	2005-2020	
Балта	-	1,7	-
Любашівка	3,5	2,9	-0,6
Затишшя	3,3	3,0	-0,3
Сербка	3,4	2,6	-0,8
Роздільна	3,0	2,4	-0,6
Одеса	3,9	2,8	-1,1
Одеса-АМСЦ	-	4,0	-
Чорноморськ	-	3,2	-
Білгород-Дністровський	4,0	4,4	<b>0,4</b>
Сарата	2,8	2,0	-0,8
Болград	3,0	2,4	-0,6
Вилкове	3,5	2,2	-1,3
Ізмаїл	3,6	2,8	-0,8
Одеська область	3,4	2,8	-0,6

Щодо географічного розподілу швидкості вітру, то відносно сильніший вітер спостерігається на станціях Одеса-АМСЦ та Білгород-Дністровський – 4,0 та 4,4 м/с, відповідно (рис. 2.2), можливо через наближення до лінії узбережжя Чорного моря та відсутності щільної забудови навколо станції (Одеса-ГМО).

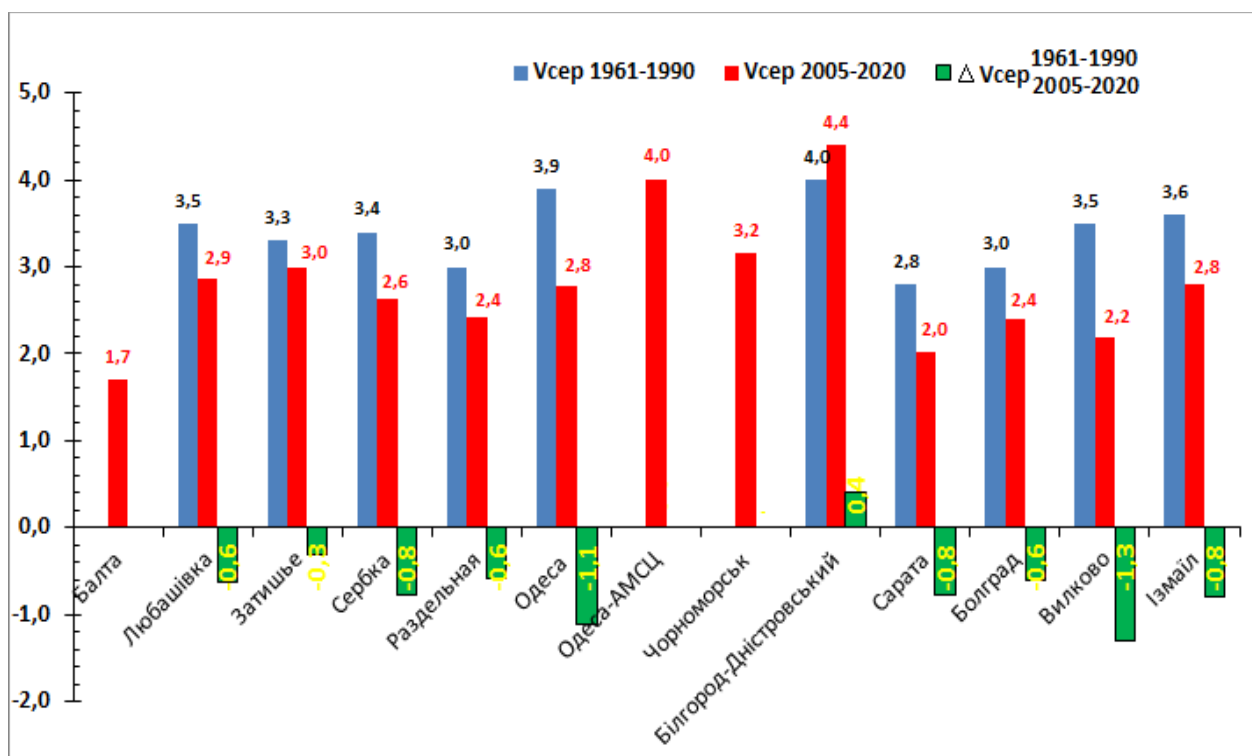


Рис. 2.2. Середньорічна швидкість вітру над Одеською областю за 1961-1990 [5] та 2005-2020 рр. і різниця між періодами

Також слід вказати на більш інтенсивний вітровий режим півночі Одеської області (Любашівка, Затишья, Сербка, Роздільна) у порівнянні з півднем (Сарата, Болград, Вилкове, Ізмаїл) – 2,7 проти 2,4 м/с. За винятком Балти, яка розташована на 218 км від Одеси у лісостепу на річці Кодима. Середньорічна швидкість на цієї станції у 2005-2020 становила лише 1,7 м/с.

Отже, в 2005-2020 рр. спостерігалось зменшення швидкості вітру над Одеською областю, за винятком станції Білгород-Дністровський, а найбільші значення середньорічної швидкості вітру виявилися на станціях Одеса-АМСЦ та Білгород-Дністровський

### 2.3 Розподіл швидкості вітру за градаціями над регіоном дослідження

Якщо розрахувати розподіл швидкості вітру за градаціями впродовж 2005-2020 рр. (табл. А.1), то можна виявити значне переважання над Одеською областю слабого вітру та безвітря тобто градації 0-4 м/с. Частка цієї градації становила більш ніж 95 % над Балтою та Роздільною (тобто над північною області), від 90 до 94 % над Любашівкою, Затишшям, Одесою-ГМО, Саратою та Вилковом. На ст. Сербка та Ізмаїл повторюваність слабого вітру досягала майже 90 % - 87,9 та 88,4 %, відповідно (рис. А.1). Відносно меншою частка слабого вітру виявилася над Білгород-Дністровським та Одесою-АМСЦ – 70,1 та 75,4 %.

Штилі найчастіше спостерігалися над Балтою (49,3 %), отже майже половина строків спостереження над пунктом було безвітряна погода. На станціях, які характеризувалися (табл. 2.1) найбільшим послабленням швидкості вітру (Сербка, Сарата та Ізмаїл) частка штилів була також високою – 38,4, 45,0 та 27,9 %. Мінімальною ця градація була над Білгород-Дністровським та Одесою-АМСЦ.

Повторюваність вітру зі швидкістю 6-9 м/с (рис. 2.4) в цілому невелика та складала від 0,6 % над Балтою до 13,7 та 17,4 % над Одесою-АМСЦ та Білгород-Дністровським, відповідно.

Наступна градація 10-15 м/с (рис. 2.3) спостерігалася над всіма пунктами дослідження. Найменшою (менш ніж 0,1 % або 2-4 рази за період дослідження) вона виявилася над Балтою, Затишшям та Вилковом. Найбільшою – 2,6 та 2,9 % - над Одесою-АМСЦ та Білгород-Дністровським, відповідно.

Жодного разу швидкість вітру не перевищувала 15 м/с над Балтою, Роздільною, Болградом та Вилковом, отже сильного вітру над вказаними пунктами не спостерігалось.

Повторюваність сильного вітру зі швидкістю 16-20 м/с не перевищувала над Одещиною 0,1 %, з максимумом над Білгород-Дністровським – 0,18 % (53 випадка за 2005-2020 рр.). Відносно помітною ця градація виявилася над Одесою-АМСЦ та Чорноморськом – 0,1 % або 19 та 17 випадків, відповідно.

Градація швидкостей більш ніж 21 м/с у 2002-2020 рр. повністю відсутня над всім регіоном крім Чорноморська - 1 випадок.

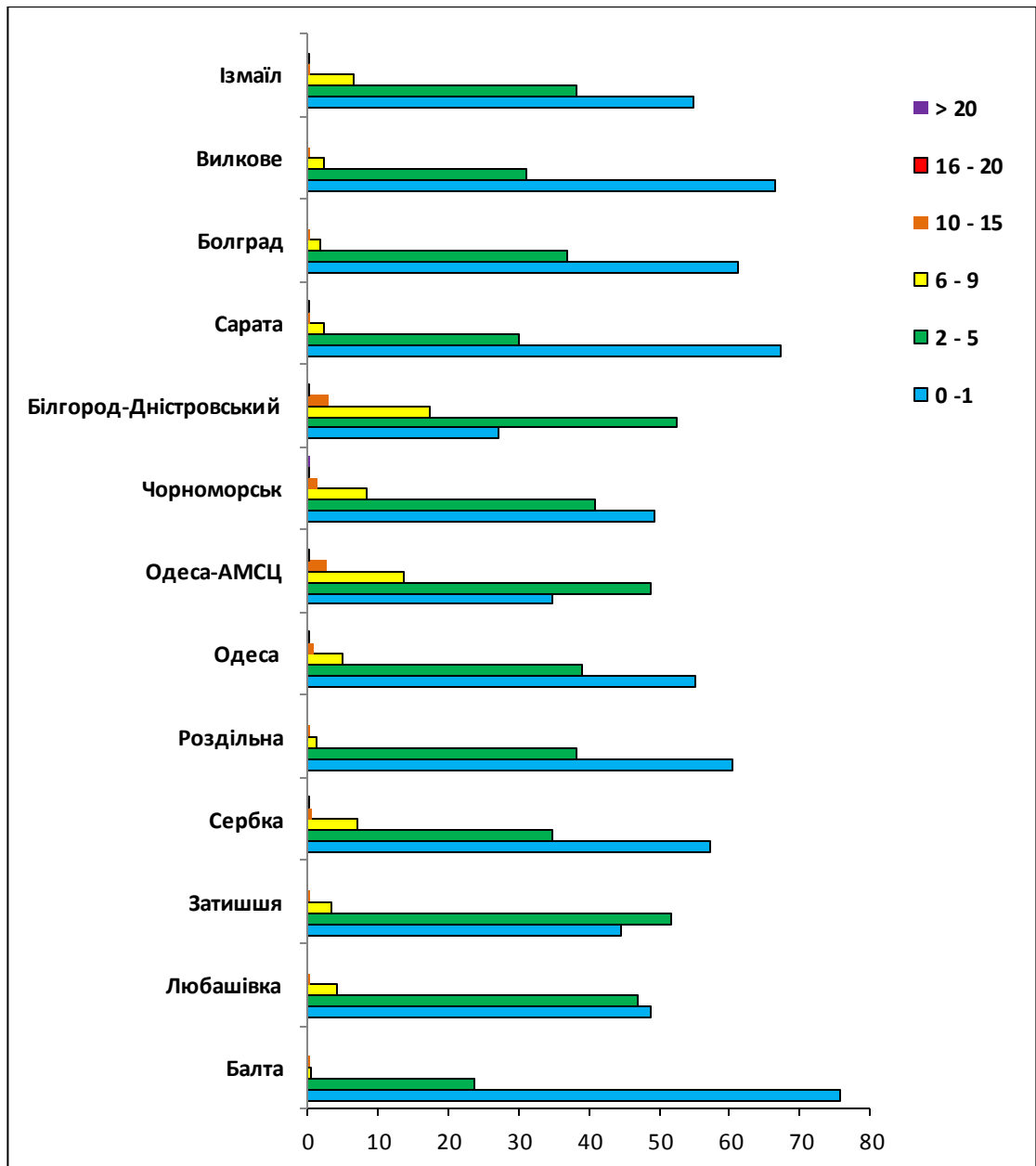


Рис. 2.3. Повторюваність (%) градацій швидкості вітру (м/с) над Одеською областю 2006-2015 рр.

Порівняння повторюваності градацій швидкості вітру за даними [5] та сучасним періодом виявило зростання інтервалу 0-1 м/с майже вдвічі над всіма пунктами регіону. Найсильніше ця градація збільшилася (на 44 %) на ст. Одеса-ГМО. Решта градацій зменшилися.

Повторюваність сильного вітру (16-20 м/с) не перевищувала над Одещиною 0,4-0,6 % у 1961-1990 рр. [4], а у 2005-2020 рр. вона перевищувала 0,1 % лише над Чорноморськом і Одесою-АМСЦ з максимумом над Білгород-Дністровським – 0,2 %.

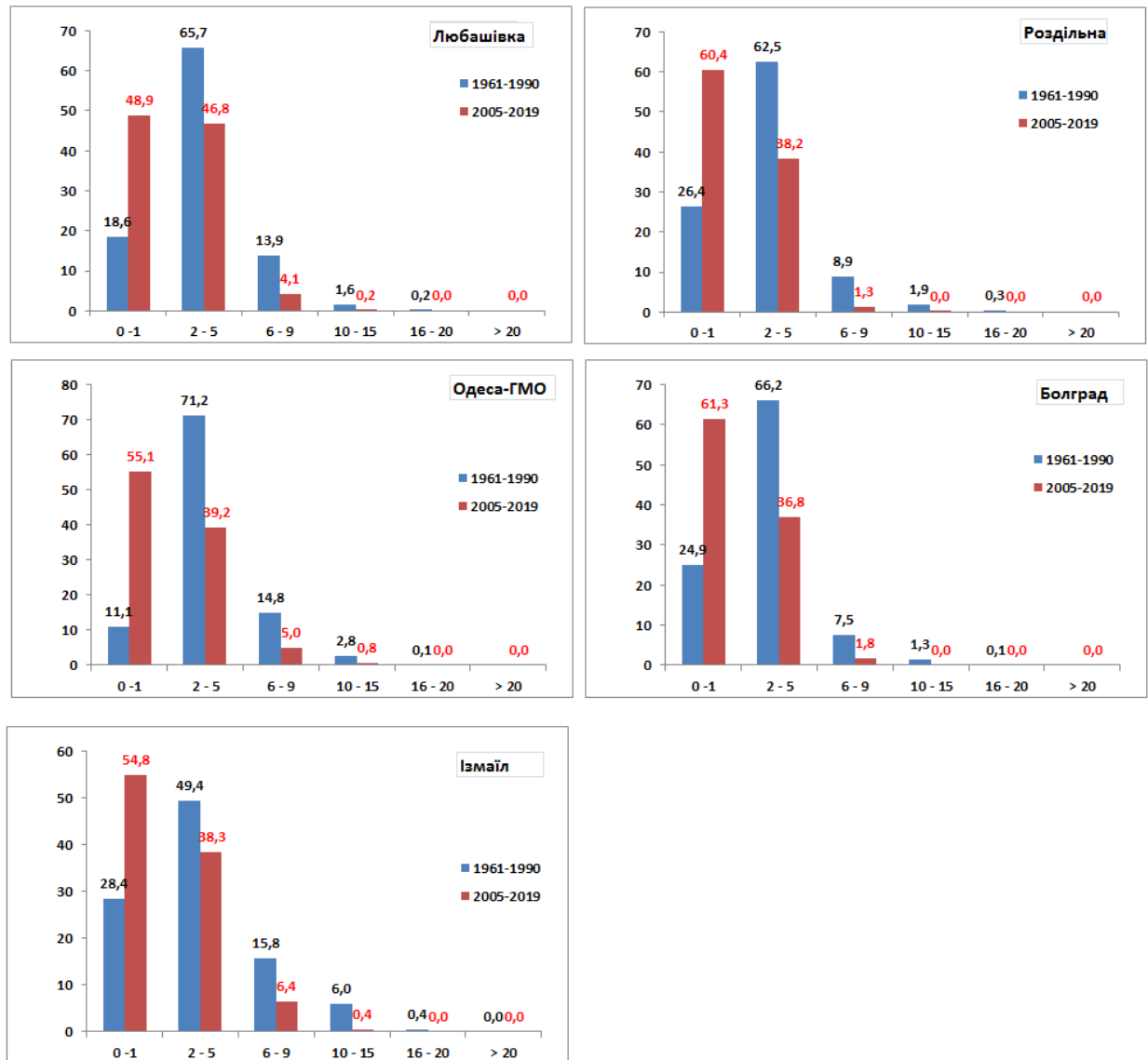


Рис. 2.4. Повторюваність (%) градацій швидкості вітру (м/с) над Одеською областю у 1961-1990 та 2006-2015 рр.

Отже, на території Одеської області частка сильного вітру ( $\geq 15$  м/с) у період з лютого 2005 по квітень 2020 рр. у середньому становила 0,05 % з максимумом над Білгород-Дністровським – 0,29 %. Також сильний вітер відносно часто утворювався над Одесою-АМСЦ та Чорноморськом – 0,14 та 0,10 %. Над рештою територією частка сильного вітру не перевищувала 0,003 %

## 2.4 Повторюваність та географічний розподіл утворення сильного вітру над Одещиною

В період з лютого 2005 по квітень 2020 рр. включно над Одеською областю швидкість вітру дорівнювала або перевищувала 15 м/с у 321 випадку, отже повторюваність сильного вітру (15-21 м/с) не досягала 0,1 % за винятком трьох станцій: Чорноморськ і Одеса-АМСЦ по 0,1-0,14 % та Білгород-Дністровський – 0,29 %. Сильний вітер зі швидкістю вище 21 м/с у 2005-2020 рр. не спостерігався взагалі над крім Чорноморська.

Практично половина випадків сильного вітру (46,1 % або 148 випадків) утворювалася над Білгород-Дністровським (рис. 2.5), чверть цих епізодів відбувалася над Чорноморськом (24,3 %), також помітний внесок надавала Одеса-АМСЦ (13,4 %). Над Одесою-ГМО сильний вітер спостерігався лише у 4,0 % або 13 випадків.

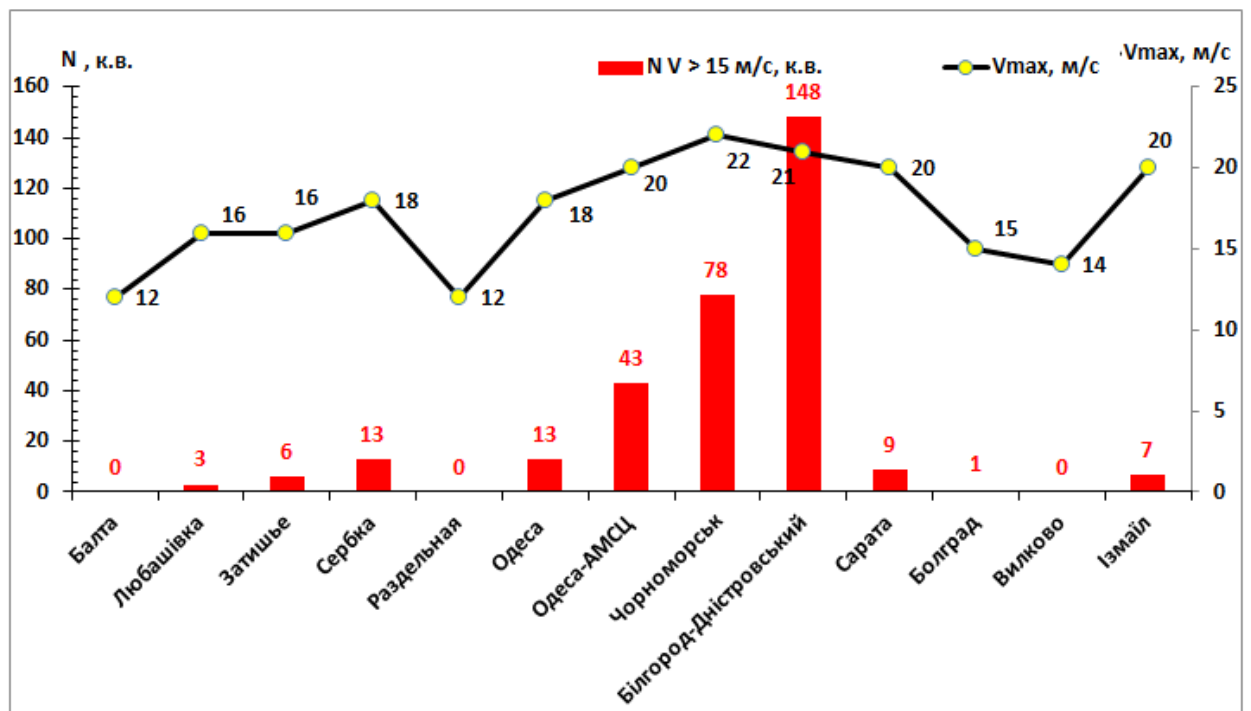


Рис. 2.5. Максимальна швидкість та кількість випадків сильного вітру ( $V > 15$  м/с) на території Одеської області

Найбільших значень швидкості вітру досягала (20-22 м/с) в районі Одеси (Чорноморськ ті Одеса-АМСЦ), але безпосередньо над Одеса-ГМО вітер

посилювався лише до 18 м/с, можливо внаслідок забудови навколо ст. Одеса-обсерваторія (Одеса-ГМО).

В Білгород-Дністровському вітер тричі зростав до 21 м/с, а у 9 випадках швидкість вітру досягала 20 м/с.

На півдні Одещини найбільша швидкість фіксувалася над Ізмаїлом та Саратою – по 20 м/с, але кількість випадків сильного вітру у цієї частині регіону невелика – 7 та 9 випадків. Одного разу вітер посилювався до 15 м/с над Болградом, над Вилкове максимальна швидкість не перевищувала 14 м/с.

На півночі області найчастіше сильний вітер утворювався над Сербкою – 13 випадків з максимумом 18 м/с. Поодинокі випадки зі швидкістю більш 15 м/с виявилися над Затишшям та Любашівкою – 6 та 3 строки спостережень. На ст. Балта та Роздільна максимальна швидкість не перевищувала 12 м/с.

Найчастіше сильний вітер виникав у холодне півріччя. Так, над Чорноморськом максимум річного ходу посилення вітру виявився у січні та грудні, а на ст. Одеса-АМСЦ – у грудні та жовтні (рис. 2.6) через посилення циклонічної діяльності у регіоні.

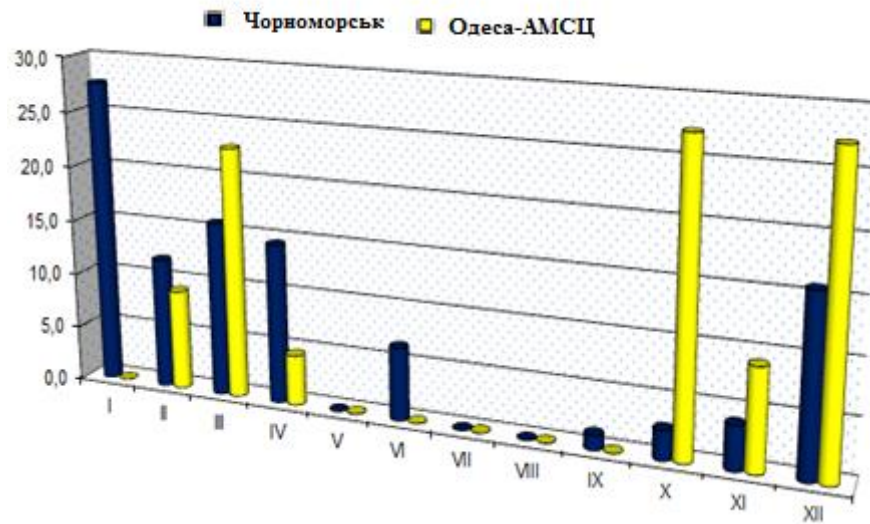


Рис. 2.6. Річний хід (%) кількості випадків сильного вітру на Чорноморськ та ст.Одеса-АМСЦ

Отже, найчастіше сильний вітер на Одещині утворювався на станціях Одеса-АМСЦ, Чорноморськ та Білгород-Дністровський у холодне півріччя.



### 3 УМОВИ ФОРМУВАННЯ СИЛЬНОГО ВІТРУ НАД ОДЕЩИНОЮ

#### 3.1 Синоптичні умови утворення сильного вітру над Одеською областю

Для дослідження циркуляційних умов утворення вітру над Одесою обраний період 2005–2020 рр., та у якості вихідних даних використані восьми строкові метеорологічні спостереження на 13 станціях Північно-Західного Причорномор'я: Одеса-ГМО, Одеса-АМСЦ, Чорноморськ (Іллічівськ), Роздільна, Любашівка, Сербка, Затишся, Балта, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Дунайська ГМО (Ізмаїл) та Вилкове [9].

В період дослідження у Одеській області швидкість вітру дорівнювала або перевищувала 15 м/с у 321 випадку, отже повторюваність сильного вітру (15–20 м/с) не досягала 0,1 % за винятком трьох станцій: Чорноморськ і Одеса-АМСЦ та Білгород-Дністровський.

Найчастіше в період дослідження сильний вітер мав північно-західний напрямок, та середні значення горизонтального баричного градієнту становила 3,4 гПа/100 км (табл. 3.1). Величина градієнту тиску розраховувалася за кільцевими картами погоди з електронного архіву АРМСин для кожного строку спостережень, коли швидкість вітру досягала або перевищувала 15 м/с.

Для аналізу синоптичних умов, які сприяють посиленню вітру над регіоном, використовувалась типізація синоптичних процесів, яка розроблена для південного заходу України [1, 2]. В ході дослідження для кожного типу і підтипу підрахована кількість випадків сильного вітру, а потім визначена їх повторюваність від загальної кількості випадків сильного вітру при визначеному підтипі синоптичного процесу. Виявилось, що жодного разу сильний вітер не виникав при у розмитих баричних полях (тип 4), отже, формуванню сильного вітру майже завжди (93 %) сприяли типи 5 та 6 (табл. 3.1 та рис. 3.1).

Отже, сильний вітер утворюється при синоптичних процесах, віднесених до 5 і 6 типу класифікації. Тип 5 – це периферійні атмосферні процеси з атмосферними фронтами (рис. 3.2). Підтип 5.1 – східний та північно-східний перенос по східній-південно-східній периферії антициклону.

Таблиця 3.1 - Кількість випадків сильного вітру ( $\geq 15\text{м/с}$ ) над Одешиною за 2005-2020 рр. та характеристика умов його виникнення

Пункт	Кількість випадків	$V_{\text{max}}$ , м/с	dd, румб.	dP/dn, гПа / 100 км	Підтип син. сит./к.в.
Ізмаїл	7	20	Пн-Зх	3,6	5.1 – 4 6.1 – 1 6.2 - 2
Болград	1	15	Пн-Зх	3,5	6.2 - 1
Сарата	9	20	Пн-Зх	3,3	6.2 – 6 6.1 – 3
Білгород-Дністровський	148	22	Пн, Пн-Зх	3,5	1.2 - 3 2.1 - 3 2.2 - 1 5.1 – 16 5.2 – 2 6.1 – 49 6.2 – 52 6.3 – 10 6.4 – 12
Чорноморськ	78	27	Пн-Зх	3,3	1.2 – 5 1.3 - 2 2.1 - 1 5.1 – 12 5.2 – 8 6.1 – 11 6.2 – 26 6.3 – 3 6.4 – 10
Одеса-ГМО	13	18	ПнСх	3,2	6.4 – 11 5.1 – 2
Одеса-АМСЦ	43	27	Пн, Пн-Зх	3,4	5.1 – 1 5.2 – 2 6.1 – 13 6.2 – 20 6.4 – 7
Сербка	13	18	Пн-Зх	4,1	6.1 – 4 6.2 – 6 6.4 - 3
Любашівка	3	16	Пд-Зх	4,1	5.1 – 1 6.1 – 2
Затиштя	6	20	Пн-Зх	4,7	6.4 – 3 6.2 - 3
Всього	321	22	Пн-Зх	3,4	6.2 – 92

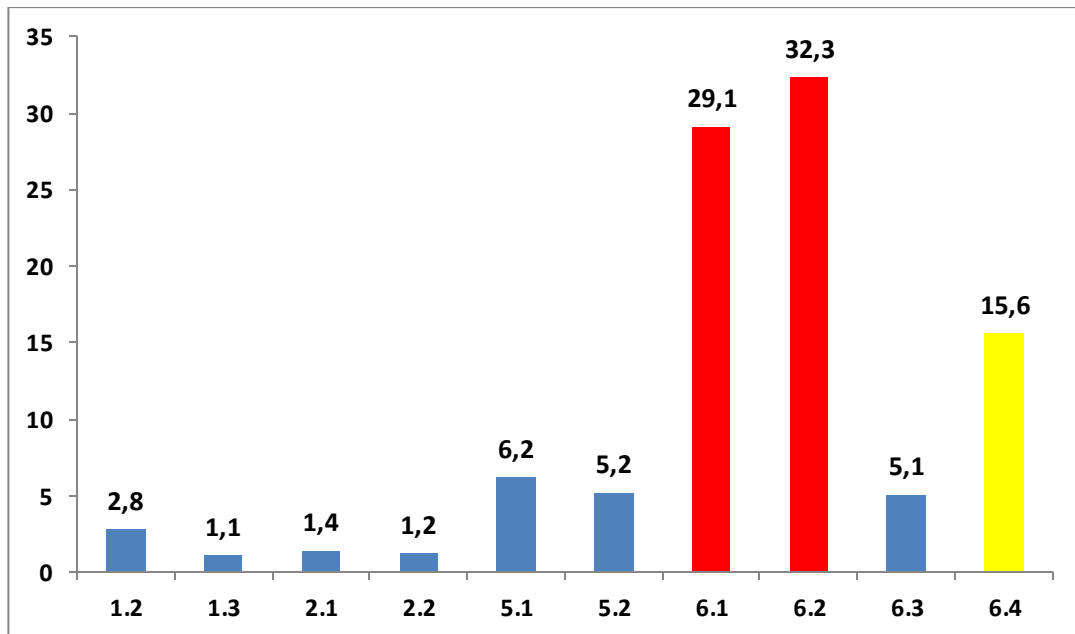


Рис. 3.1. Повторюваність (P, %) підтипів синоптичних процесів над Північно-Західним Причорномор'ям за наявності сильного вітру у 2006-2015 рр.

4

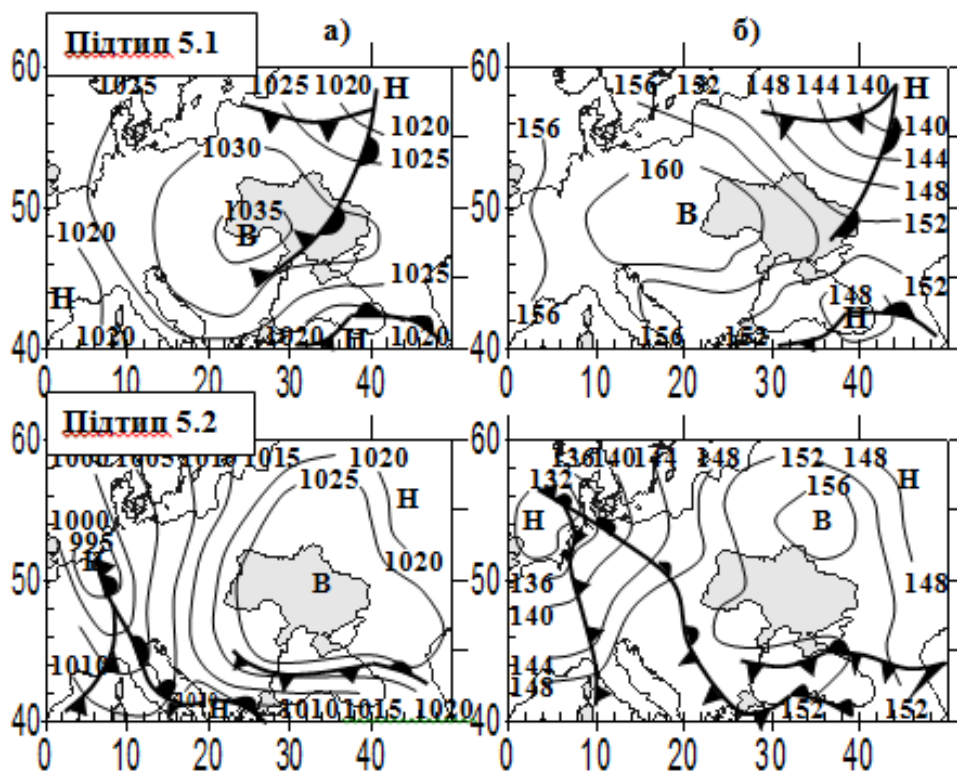


Рис. 3.2. Підтипи синоптичного типу 5.

Карти-схеми: приземна (а) і АТ<sub>850</sub> (б)

Швидкість вітру зростає під впливом чорноморської депресії та штормової зони ( $\partial P/\partial n \geq 3,5$  гПа/111 км) з фронтом. Підтип 5.2 – східний і південно-східний перенос відбувається по південній-південно-західній периферії антициклону при проходженні арктичного чи полярного фронтів; в зоні підвищених градієнтів тиску без фронтів або при наявності розмитого фронту.

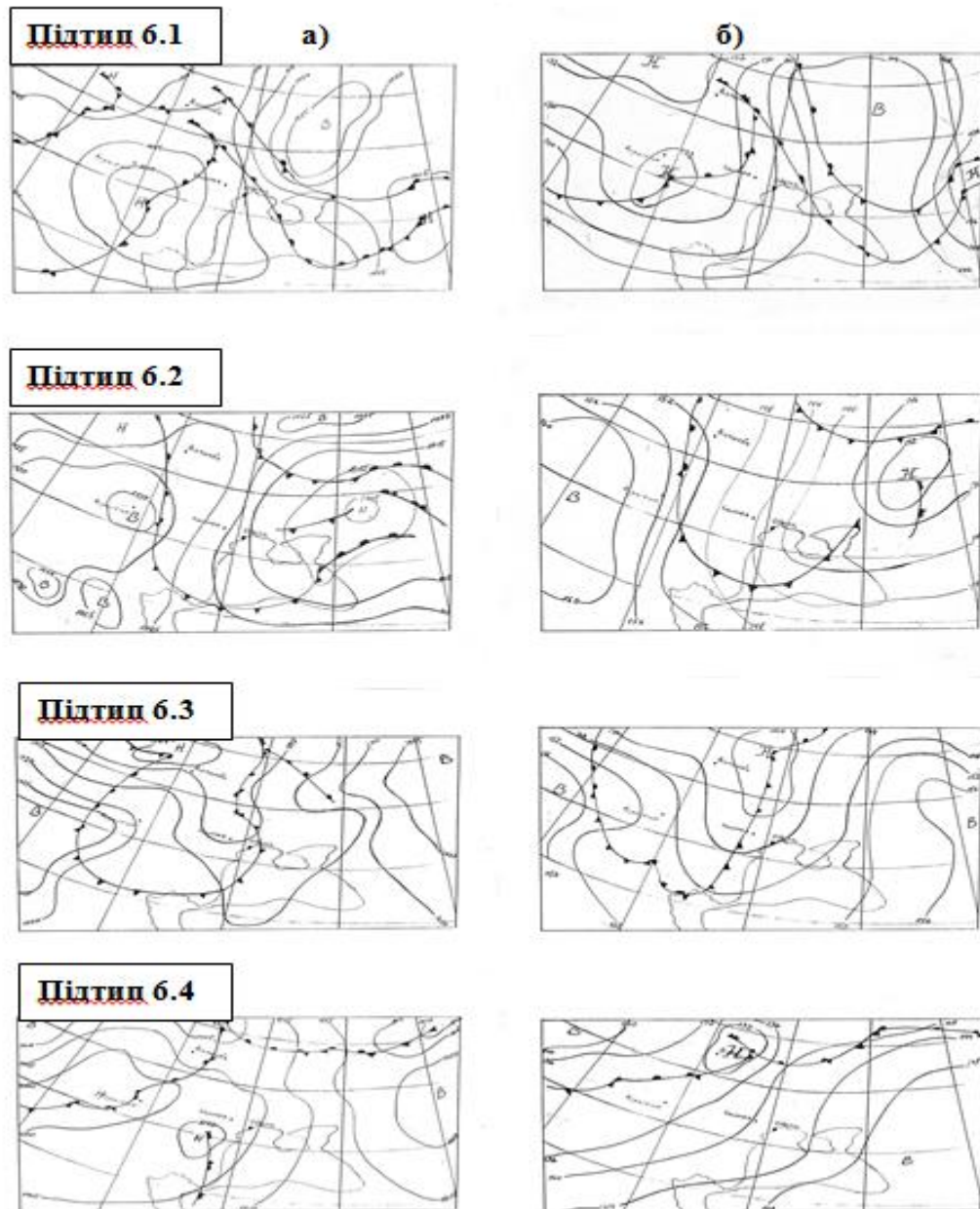


Рис. 3.3. Підтипи синоптичного типу 6.

Карти-схеми: приземна (а) і АТ<sub>850</sub> (б)

Тип 6 – це циклонічні циркуляції з великими баричними градієнтами ( $\partial P/\partial n \geq 2,5$  гПа/111 км). Підтип 6.1 (рис. 3.3) – східна частина циклону або штормова зона між циклоном на заході-північному заході та антициклоном на сході. Підтип 6.2 – тил циклону, що переміщується зі швидкістю  $\geq 40$  км·год<sup>-1</sup>. Підтип 6.3 представляє улоговину з фронтами, а підтип 6.4 – південний циклон, що здійснює перенос повітряних мас з півдня. Проте у його північній частині може спостерігатися вітер північно- і південно-східних напрямків, а в центрі циклону (з фронтами) – всіх напрямків, включаючи північно-західний.

Синоптичний тип 6, тобто циклонічна циркуляція з великим баричними градієнтами (рис. 3.3) обумовлював переважну більшість випадків сильного вітру – 82,1 %, при чому відносна перевага припадала на підтип 6.2 та 6.1, а саме 29,1 та 32,3 %, відповідно. Найрідше вітер посилювався при підтипі 6.3 – 5,1 %. Над різними станціями інтенсивність вітру збільшувалася по різному, так над Білгород-Дністровським вітер зростав при підтипах 6.1 та 6.2, а над Одесою-ГМО – при 6.3, над Одесою-АМСЦ та Чорноморськом – при підтипі 6.2. Над рештою станцій сильний вітер спостерігався при 6 типі.

Розглядаючи тип 5 (периферійні процеси з проходженням атмосферних фронтів) можна помітити, що даний тип синоптичних процесів (рис. 3.3) не характерний для південного заходу України, але при ньому утворювалося 15,5 % посилень вітру, з відносною перевагою підтипу 5.1 – 6,2 %.

На решту підтипів (1.2, 1.3, 2.1, 2.2) припадало лише 6,5 % від загальної кількості випадків сильного вітру при середньому значенні баричного градієнту 2,3 гПа/100 км.

Отже, над Одеською областю сильний вітер виникав переважно над Білгород-Дністровським, Чорноморськом та Одеса-АМСЦ при циклонічній циркуляції з великим баричними градієнтами (82,1 %).

### 3.2 Аналіз вертикального розподілу температури та швидкості вітру напередодні його посилення біля землі

Оскільки виявлений зв'язок [1] між посиленням вітру та наявністю в нижніх шарах атмосфери струминних течій нижніх рівнів (СТНР) і внутрішніх гравітаційних хвиль. Тому, імовірно, є залежність між фактом

наявності низького тропосферного струменю і значенням числа  $Ri$  або його складових. Причому число  $Ri$  має бути більше критичного значення ( $Ri > 0,25$ ), при якому створюється дисипація потоку на окремі турбулентні вихори. Але воно повинно бути не надто великим, адже, сприятливі умови для розвитку і існування нейтральних хвиль – це стійко стратифікований шар зі значними зсувами вітру.

Параметром цей стійкості у навколишньому середовище, що не обертається, є нестійкість Кельвина-Гельмгольца – тобто, число Ричардсона ( $Ri$ ), що дорівнює відношенням сил плавучості до сили інерції:

$$Ri = \frac{g}{\Theta} \cdot \frac{\partial \Theta / \partial z}{\beta^2} = \frac{g}{\bar{T}} \cdot \frac{\gamma_a - \gamma}{\beta^2}, \quad (3.1)$$

де  $\beta$  вертикальний градієнт горизонтальної швидкості вітру;  $U$ ,  $V$  - горизонтальні складові швидкості вітру;  $\gamma = - \partial T / \partial z$  - вертикальний градієнт температури;  $\gamma_a = 1 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ м}$  – сухо-адіабатичний вертикальний градієнт температури;  $\bar{T}$  - середня температура шару;  $\Theta$  - потенціальна температура;  $g$  – прискорення вільного часу падіння.

Зростання швидкості вітру у граничному шарі та товщини шару зі швидкістю вітру  $> 15 \text{ м/с}$  свідчить про збільшення кінетичної енергії у нижній тропосфері, а зростання  $\gamma$  свідчить про підвищення термічної нестійкості і про можливість обміну кінетичною енергією між шарами повітря.

В рамках виконання кваліфікаційної роботи розраховані значення числа  $Ri$  та його складові для з врахуванням особливих точок від поверхні землі до рівня 500 гПа, далі побудовані вертикальні профілі швидкості вітру (рис. А.2), вертикального градієнту температури та швидкості вітру за даними радіозонду Одеса-ГМО (00 UTC) за наявності сильного вітру впродовж доби над пунктами спостережень Одеської області.

Вертикальний градієнт температури розраховується за формулою:

$$\gamma = \frac{T_i - T_{i+1}}{\Delta z}, \quad (3.2)$$

вертикальний зсув вітру :

$$\left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right| = \frac{\sqrt{(u_{i+1} - u_i)^2 + (v_{i+1} - v_i)^2}}{\Delta z}, \quad (3.3)$$

де  $T_i, u_i, v_i, T_{i+1}, u_{i+1}, v_{i+1}$  - температура і складові швидкості вітру на рівнях, що знаходяться нижче  $z_i$  та вище  $z_{i+1}$ ;  $\Delta z$  - товщина шару  $z_{i+1} - z_i$ , яка повинна задовольняти умові  $200 \leq \Delta z \leq 1000$  м.

Складові швидкості вітру розраховуються за формулами:

$$v = u_i \cos(270^\circ - dd_i), \quad u = u_i \sin(270^\circ - dd_i),$$

де  $u_i$  і  $dd_i$  – відповідно швидкість та напрям вітру на  $i$ -му рівні.

Розрахунок числа Річардсона (Ri) відбувається за формулою:

$$Ri = \frac{1962}{(T_i + T_{i+1} + 546)} \frac{\left(1 - \frac{T_i - T_{i+1}}{\Delta z}\right) (\Delta z)^2}{\sqrt{(v_{i+1} - v_i)^2 + (u_{i+1} - u_i)^2}}, \quad (3.4)$$

де  $T_i$  та  $T_{i+1}$  задаються в градусах Цельсія,  $\Delta z$  – в сотнях метрів.

Наступним кроком було осереднення параметрів термодинамічного стану нижньої тропосфери у шарах земля-925, 925-850 і 850-700 гПа для 38 радіозондів з 2007 по 2020 рр. для кожного місяця (рис. 3.4).

Виявлено, що середнє на рік значення Ri при сильному приземному вітрі у зростає з від шару до шару, але вказує на відсутність турбулентності ( $Ri = 10 \dots 20$ ). Отже, у шарі земля-925 гПа повітря менш стійке ніж вище.

Подібний вертикальний розподіл числа Річардсона зберігається протягом року, але у червні (26-27.06.11) цей параметр був мінімальним та не перевищував 5, не досягнувши  $Ri_{кр}$ .

Число випадків, коли у нижньому шарі  $Ri < 0,25$  спостерігалось лише тричі (табл. А.2) – 10 грудня 2013 р, 8 квітня 2015 р. та 24 лютого 2020 р. незначне 2-3 %. Жодного разу не виявилось  $Ri < 0,25$  у шарі 850-700 гПа, тобто гідродинамічна стійкість зростала з висотою.

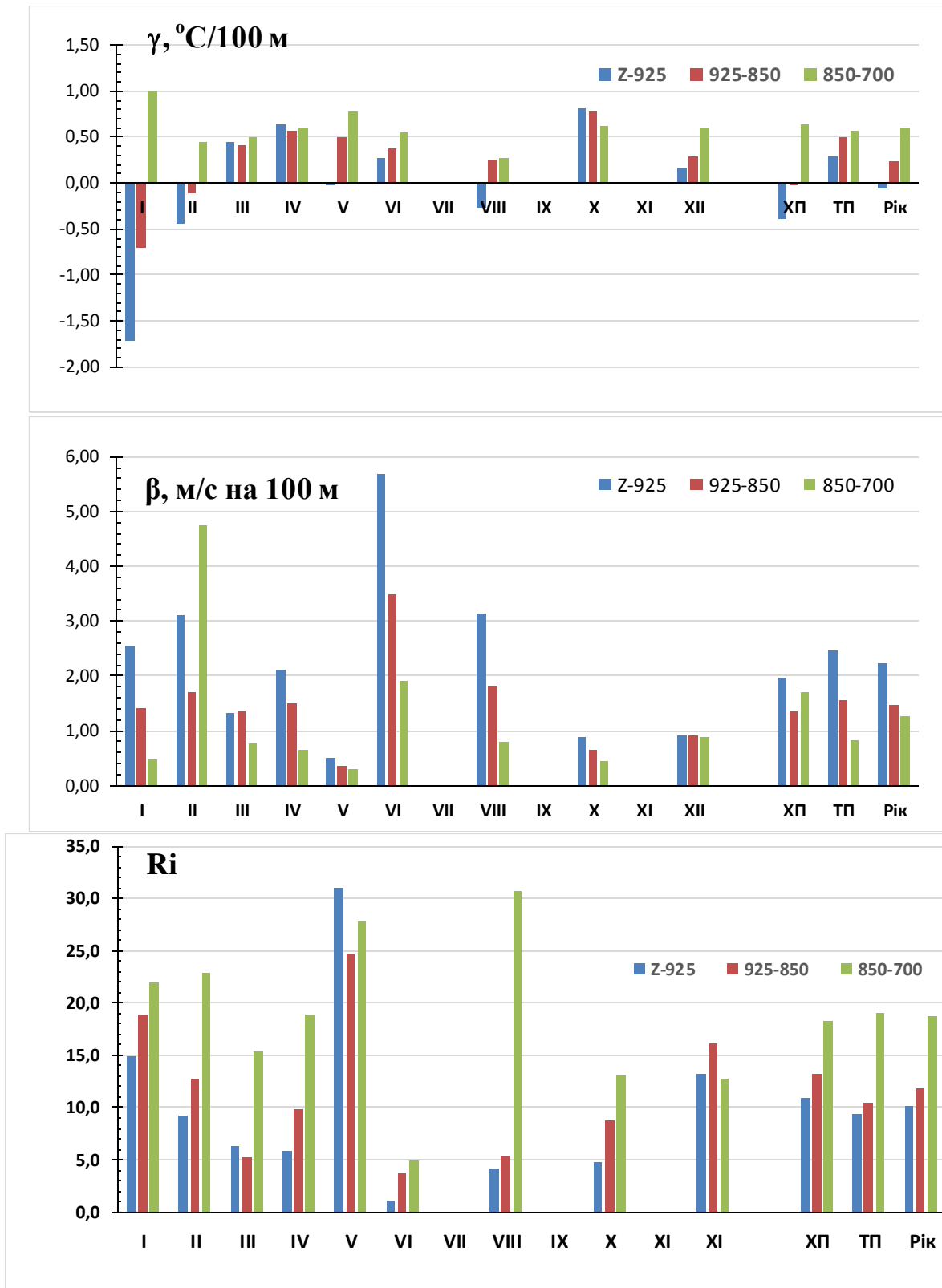


Рис. 3.4. Параметри термодинамічного стану нижньої тропосфери: середні значення у шарах земля-925, 925-850 та 850-700 гПа вертикальних градієнтів температури ( $\gamma$ , °C/100 м), швидкості вітру ( $\beta$ , м/с на 100 м) та числа Ричардсона (Ri) на ст. Одеса-ГМО, 00 UTC по місяцях 2007-2020 рр.



Щодо вертикального градієнту температури, який характеризує термічну стійкість та вплив сили пливучості на стан атмосфери, то його середньорічне значення становило  $\gamma=0,26\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , зростаючи від  $-0,05$  до  $0,60\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$  з висотою. Отже у холодне півріччя напередодні посилення приземного вітру у шарі земля-925 гПа переважав інверсійний розподіл, що вказує на можливість утворення низхідних рухів, які сприятимуть перенесенню кінетичної енергії до поверхні землі. Найменше  $\gamma_{z-925}$  виявилось у січні ( $-1,72\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ ) при одночасному великому  $\gamma_{850-700}=1,01\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ . Можливо такий розподіл виник через розвиток вимушеної конвекції над фронтальним розділом.

В цілому інверсійні значення  $\gamma_{z-925}$  спостерігалися у січні, лютому та серпні (11.08.2011), а у більш високих шарах температура напередодні формування сильного приземного вітру зменшувалася, але не перевищуючи сухоадиабатичний градієнт, за винятком січня.

Розрахунок вертикального градієнта швидкості вітру або вертикального зсуву вітру виявив, що у нижньому шарі цей параметр досягав градації помірного зсуву вітру ( $2-4\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}/100\text{ м}$ ), зі зростанням у холодну пору року. У верхньому шарі  $\beta_{850-700}$  приймали відносно менші значення за винятком лютого. Найбільших значень на всіх рівнях зсув вітру діставався у червні, коли посилення вітру 26-27.06.11 до  $18-20\text{ м/с}$  було забезпечене збільшенням баричного градієнту у перехідній зоні під впливом гребеню антициклону над Центральною Європою, виникненням циклону з центром над Кримським півостровом та проходженням активного холодного фронту.

Отже, напередодні утворення сильного вітру впродовж доби над пунктами спостережень Одеської області у нижньому шарі (від поверхні землі до рівня 925 гПа) переважало стійко стратифіковане повітря з помірними зсувами вітру, а з висотою термічна та динамічна стійкість зростала.

### 3.3 Синоптичні умови виникнення сильного вітру Одеської області 22-24 лютого 2020 р.

У середині доби 24 лютого 2020 р. навколо Одеси спостерігався сильний північно-західний вітер з поривами до  $24\text{ м/с}$ , що спричинив безліч руйнувань у місті та області (рис. 3.5). О 16.00 в Одесі впали 400 дерев, одне з яких вбило

людину, а в Одеській області було знеструмлене 224 населених пункти. Найбільше постраждали Білгород-Дністровський, Овідіюпольський, Роздільнянський, Лиманський та Іванівський райони. В районі Об'їзної дороги Хаджибейський лиман вийшов з берегів і залив дорогу, значно ускладнив рух на цій ділянці.

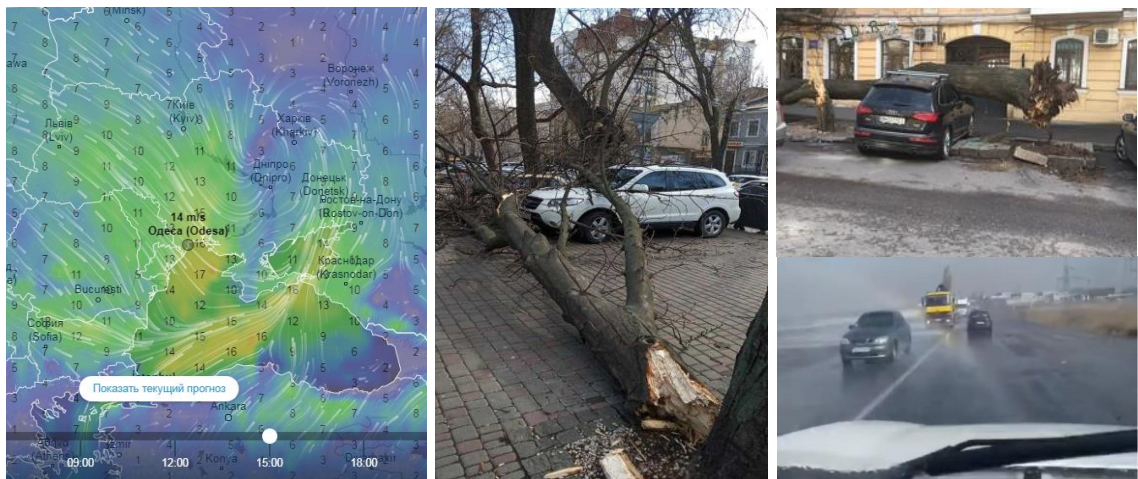
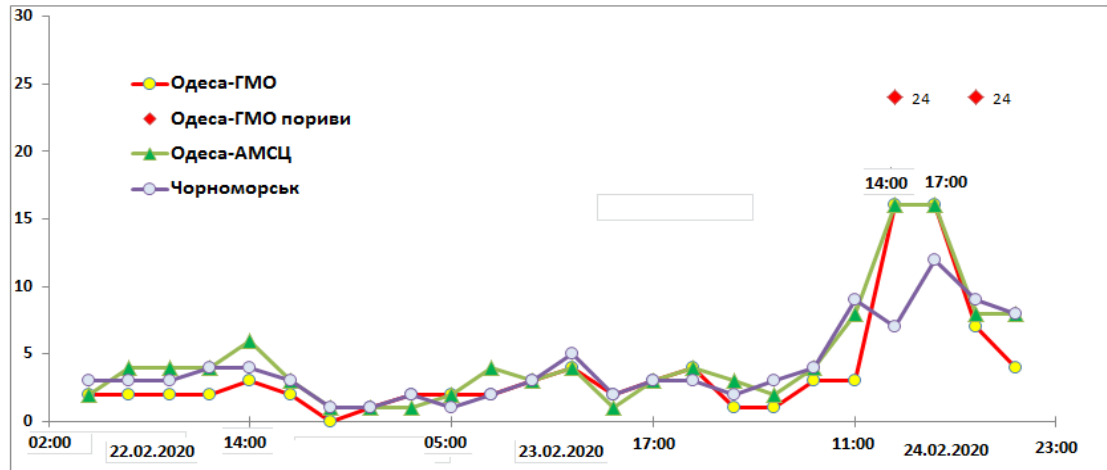


Рис. 3.5. Швидкість вітру та пориви на ст. Одеса-ГМО, Одеса-АМСЦ та Чорноморськ 22-24.02.2020 р. та наслідки руйнувань

Напередодні стихії 22-23 лютого швидкість вітру не перевищувала 6 м/с над Одеса-АМСЦ та Чорноморськом, а на ст. Одеса-ГМО – коливалася від 0 до 4 м/с. Посилення вітру почалося з 8.00 24 лютого 2020 р., а вже у 14.00-17.00 швидкість зростає до 16 м/с на ст. Одеса-ГМО та Одеса-АМСЦ, а у Чорноморську лише до 12 м/с.

Але за штормовими оповіщеннями телеграмм WAREP (рис. А.3) на півночі області вітер посилюється до 13 та 19 м/с у Сербці та Затишші з

поривами 24-25 м/с вже 10.45-10.56 год. Через годину стихію відчули мешканці Любашівки – швидкість 15 м/с з поривами 27 м/с, а у 11.36 відмічений початок НМЯ (небезпечного метеорологічного явища) у Одесі - швидкість 14 м/с з поривами 21 м/с. Найсильніший вітер був зафіксований на ст. Одеса-АМСЦ у 13.28, коли швидкість північно-західного вітру становила 26 м/с, а пориви досягли 31 м/с.

За дві доби до початку НМЯ I, а саме 22 лютого 2020 р. коли над півднем України спостерігався північний та північно-західний вітер зі швидкістю 2-5 м/с, погодні умови визначалися полем високого тиску с центром над ЄТР та тиском у центрі 1030 гПа, над Малою Азією розташовувалася двохцентрова зона зниженого тиску, основний центр спостерігався над Кіпром з тиском у центрі 1012,5 гПа, другий - над східною частиною Чорного моря, тиск у центрі 1015 гПа (рис. 3.6).

Над північчю Європи простежувався високий та потужний циклон з центром над Норвезьким морем, окресленим 15 ізобарами з мінімальним тиском у центрі 950 гПа. Центр циклону на висотній карті спостерігається над північної частиною Гренландією, де геопотенціал в центрі складає 476 гп дам., отже такі термодинамічні умови в тропосфері привели до формування інтенсивної штормовий зони вище 50<sup>0</sup> пн.ш.

У наступну добу 23 лютого 2020 року погода над Європейським регіоном характеризувалась потужним циклоном з центром над Норвезьким морем, який зміщувався у південно-східному напрямі, тиск в центрі складає 955 гПа. На території України спостерігалось зниження тиску в середньому на 2,8 гПа. Вітер мав західний, південно-західний напрям зі швидкістю 5 м/с.

У понеділок, 24 лютого 2020 р. цей циклон поширювався на південний схід та під його впливом виявилася вся територія Східної Європи та Скандинавії. Над територією Південно-Західної Європи спостерігалось поле високого тиску.

Погодні умови України у цю добу визначалися впливом улоговини циклону з центром над Норвезьким морем та тиском у центрі 965 гПа, спостерігалась тенденція зниження тиску в середньому на 3,7 гПа. Вітер західного та південно-західного напрямку посилювався до 16 м/с. Градієнти тиску в районі Одеси перевищували 2,5 гПа/100 км. Проходження полярного фронту над Одесою також сприяло до посилення вітру до значень СМЯ II.

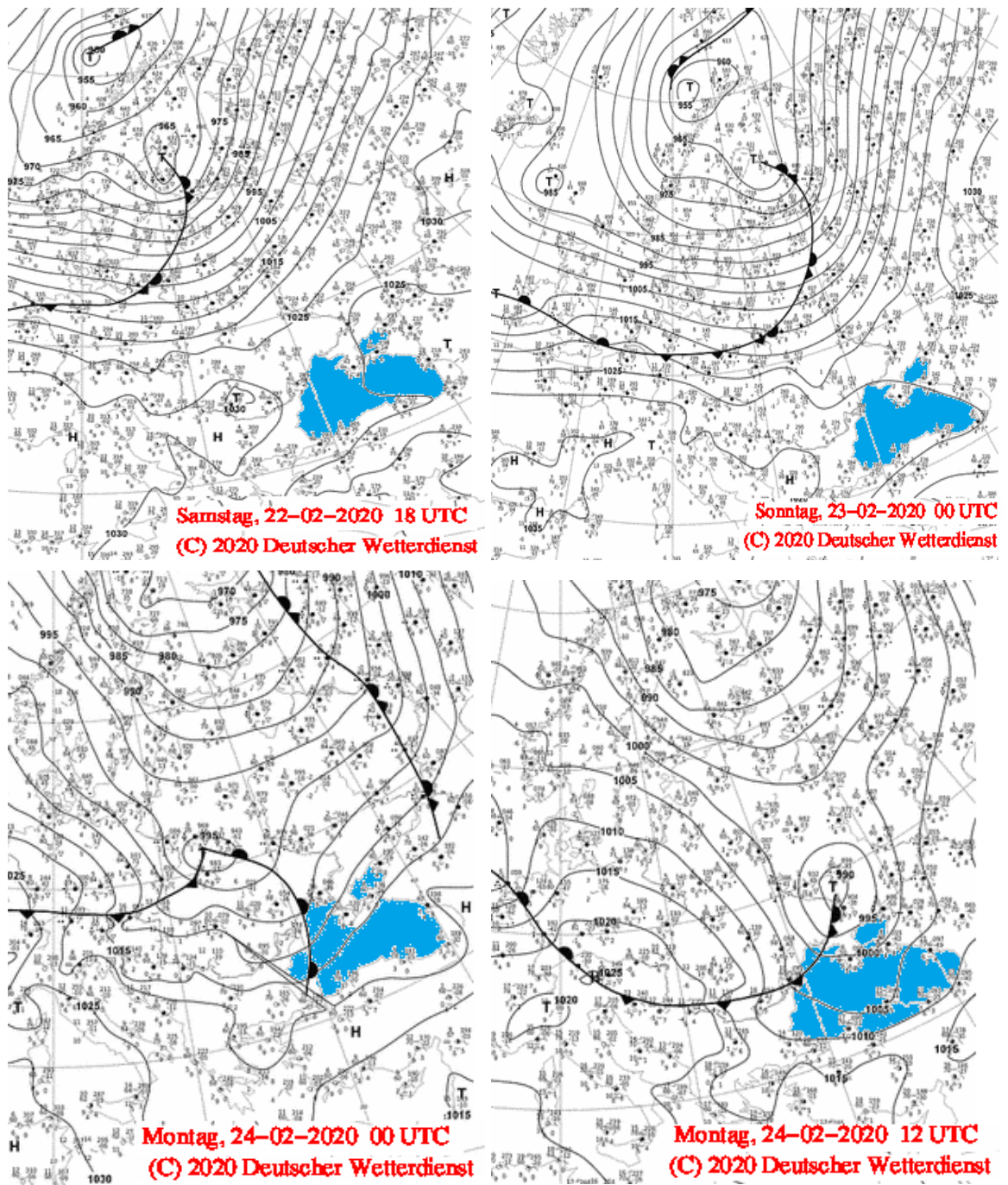


Рис. 3.6. Приземний аналіз за 22-24 лютого 2020 р.

Отже, причиною виникнення сильного вітру в районі Одесі 24 лютого 2020 р. виявилось переміщення вузької меридіональної улоговини з полярним фронтальним розділом на її вісі.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи отримані наступні висновки:

1. Порівняння середньорічних швидкостей вітру на станціях Одеської області за 2005-2020 та 1961-1990 рр. виявило послаблення швидкості вітру над всім регіоном, за винятком Білгород-Дністровського. В середньому, над Одещиною середньорічна швидкість вітру зменшилася від 3,4 до 2,8 м/с.

2. Найбільше послаблення інтенсивності вітрового режиму проявлялося на півдні регіону. Найвищі значення середньорічної швидкості вітру виявилися на станціях Одеса-АМСЦ та Білгород-Дністровський, а найменші – у Балті.

3. Розподіл швидкості вітру за градаціями у 2005-2020 рр. визначив панування над Одещиною слабого вітру (1-4 м/с) та значне зростання градації 0-1 м/су порівнянні з 1961-1990 рр.

4. На території Одеської області частка сильного вітру ( $\geq 15$  м/с) у період з лютого 2005 по квітень 2020 рр. у середньому становила 0,05 % з максимумом над Білгород-Дністровським – 0,29 %. Також сильний вітер відносно часто утворювався над Одесою-АМСЦ та Чорноморськом – 0,14 та 0,10 %. Найчастіше сильний вітер на Одещині утворювався на станціях Одеса-АМСЦ, Чорноморськ та Білгород-Дністровський у холодне півріччя приймаючи північно-західний напрямок.

5. Над Одеською областю сильний вітер виникав переважно над Білгород-Дністровським, Чорноморськом та Одеса-АМСЦ при циклонічній циркуляції з великим баричними градієнтами (82,1 %).

6. Напередодні утворення сильного вітру впродовж доби над пунктами спостережень Одеської області у нижньому шарі (від поверхні землі до рівня 925 гПа) переважало стійко стратифіковане повітря з помірними зсувами вітру, а з висотою термічна та динамічна стійкість зростала.

7. Причиною виникнення сильного вітру в районі Одесі 24 лютого 2020 р. виявилось переміщення вузької меридіональної улоговини з полярним фронтальним розділом на її вісі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Одеса: ТЕС, 2012. 407 с.
2. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б., Агайар Е.В. До проблеми типізації синоптичних процесів над півднем України у сучасних умовах // Причорноморський екологічний бюлетень – Причорноморський екологічний бюлетень – 2009. – №. 2 (24) – С. 142-145.
3. Ivus G. P., Kovalkov I. A., Semergei-Chumachenko A. B., Popova L. O. Change in wind speed over the Odessa region. in SWorld Journal, Issue №12 (Scientific world, Ivanovo, 2017) – URL: <http://www.sworldjournal.com/e-journal/j12.pdf> (date:03/04/2017) - page 36-41- Article CID Number: j12-057, DOI: 10.21893/2227-6920.2017-12.057 (дата звернення 30.11.2017 р.)
4. Клімат України. Під ред. Ліпінського В.М. К.: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
5. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.)/ Державна гідрометеорологічна служба та ін. – УНДГМІ – ЦГО, Київ, 2006. [Електронний ресурс].
6. Настанова з оперативного гідрометеорологічного забезпечення та обслуговування галузей національної економіки. - Керівний документ УкрГМЦ. - КД 52.4.1.01-06. – 37 с.
7. Смекалова Л.К., Швер Ц.А. Климат Одессы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 174 с
8. 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.
9. <http://rp5.ua/Погодавмире> (дата звернення 05.05.2020 р.).
10. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Одеська\\_область](https://uk.wikipedia.org/wiki/Одеська_область) (дата звернення 01.05.2020 р.).
11. [http://www2.wetter3.de/archiv\\_gfs\\_dt.html](http://www2.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html) (дата звернення 10.05.2020р.)

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Розподіл швидкості вітру (V, м/с) за градаціями над Одеською областю (2005-2020 рр.)

V, м/с	Балта	Любашівка	Затишша	Сербка	Роздільна	Одеса	Одеса-АМСЦ	Чорно-морськ	Білгород-Дністровський	Сарата	Болград	Вилкове	Ізмаїл
0	49,29	23,03	15,47	38,36	28,28	25,80	17,35	23,76	12,45	45,04	31,06	40,14	26,94
1	26,32	25,89	29,18	18,99	32,16	29,27	17,36	25,47	14,60	22,09	30,21	26,38	27,87
2	15,08	18,48	22,16	12,92	20,25	19,33	15,82	18,90	15,12	12,88	19,51	15,55	16,87
3	5,90	15,84	16,59	10,75	10,75	10,82	14,23	12,38	15,46	9,35	9,37	7,94	10,70
4	1,33	7,61	8,48	6,94	4,81	5,67	10,70	6,91	12,43	4,87	4,72	4,77	6,00
5	1,45	4,91	4,56	4,24	2,44	3,33	8,13	2,68	9,41	3,10	3,25	2,90	4,78
6	0,33	2,03	1,94	2,80	0,95	2,21	4,91	1,07	6,97	1,23	1,24	1,38	3,91
7	0,23	1,34	0,92	2,44	0,24	1,42	3,67	4,55	4,96	0,73	0,41	0,51	1,32
8	0,03	0,38	0,38	1,31	0,08	0,81	1,71	1,64	3,30	0,23	0,16	0,20	0,84
9	0,03	0,33	0,18	0,68	0,03	0,55	3,39	1,10	2,22	0,25	0,04	0,15	0,38
10	0,003	0,07	0,07	0,24	0,01	0,33	1,13	0,42	0,93	0,03	0,01	0,02	0,14
11	0,003	0,06	0,03	0,20	0,01	0,22	0,80	0,53	0,93	0,09	0,01	0,03	0,13
12	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,11	0,36	0,16	0,37	0,00	0,01	0,01	0,07
13	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,08	0,22	0,17	0,36	0,09	0,004	0,02	0,04
14	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,09	0,17	0,21	0,00	0,004	0,00	0,01
15	0,00	0,003	0,00	0,01	0,00	0,02	0,05	0,03	0,11	0,01	0,00	0,00	0,01
16	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,003	0,03	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,004	0,00	0,003	0,04	0,01	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,003	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,003	0,00	0,00	0,003
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



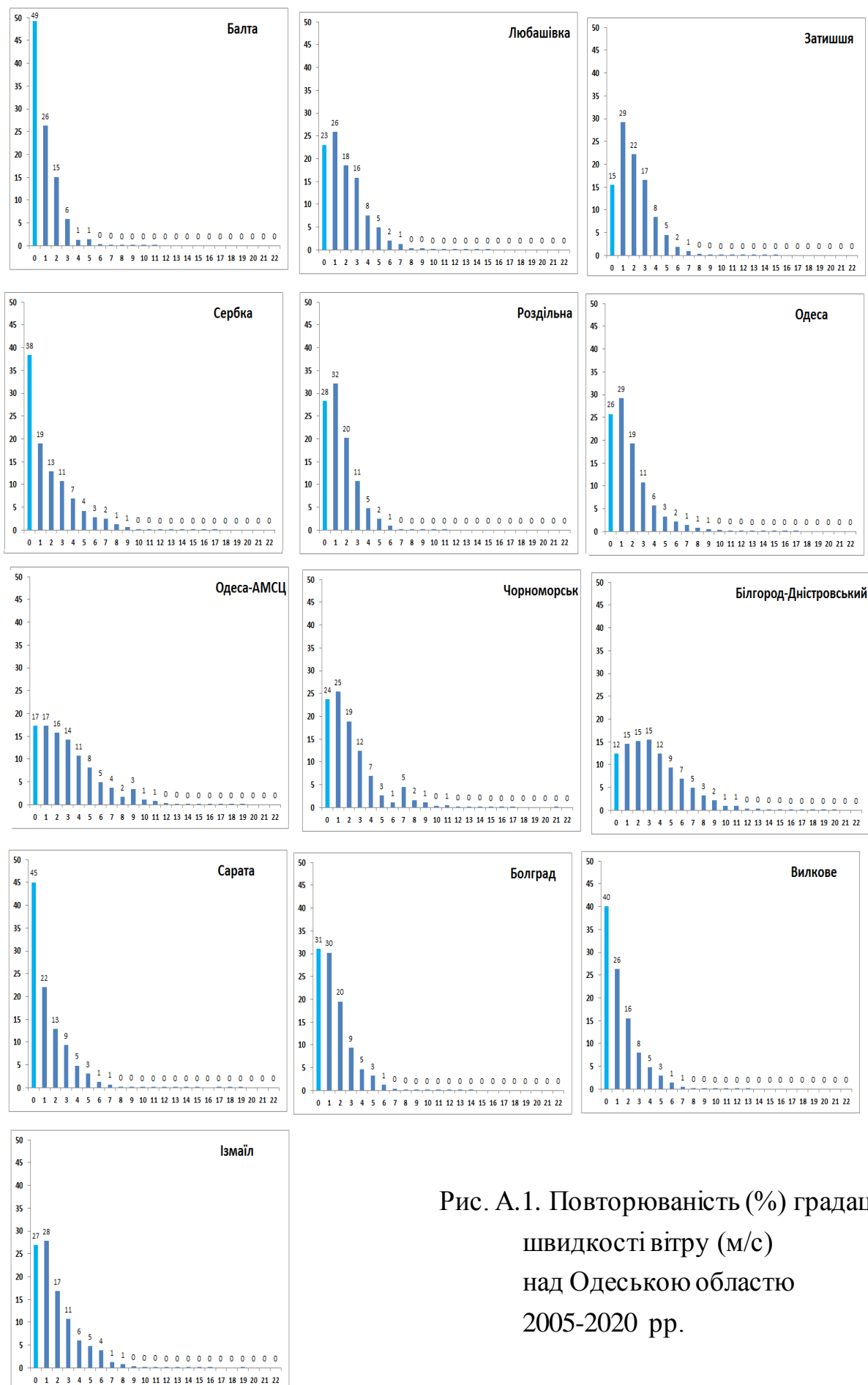


Рис. А.1. Повторюваність (%) градацій швидкості вітру (м/с) над Одеською областю 2005-2020 рр.

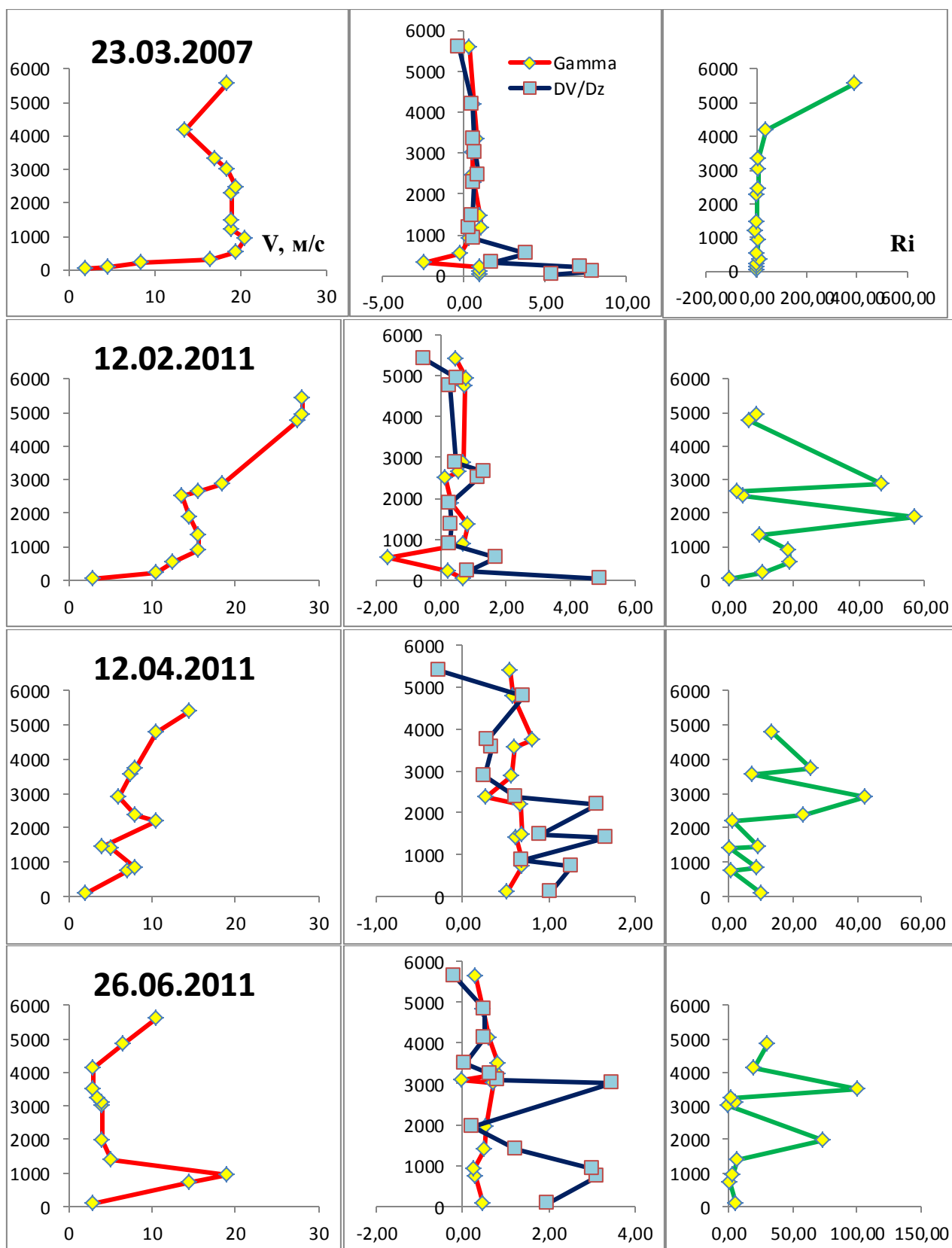
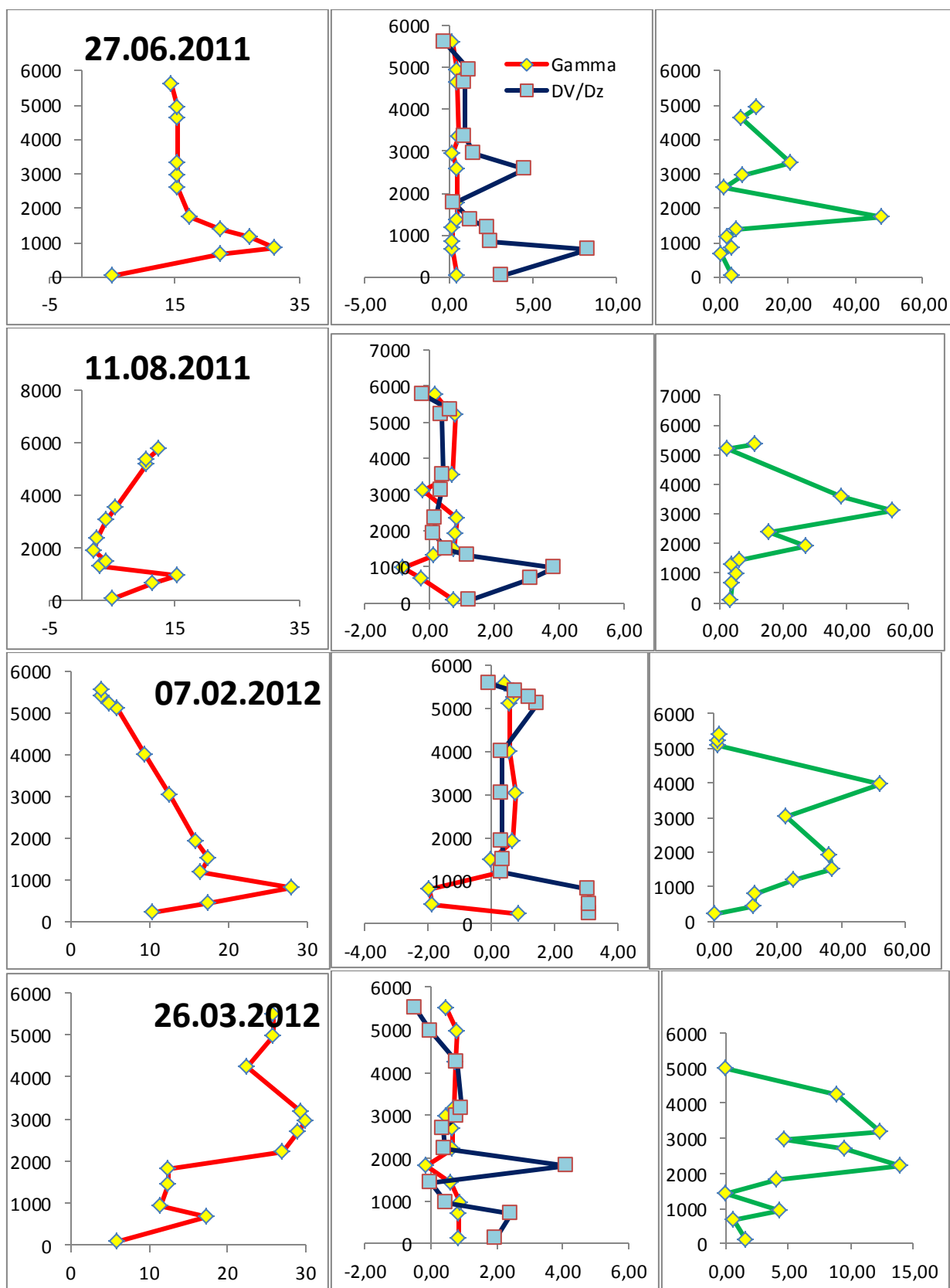
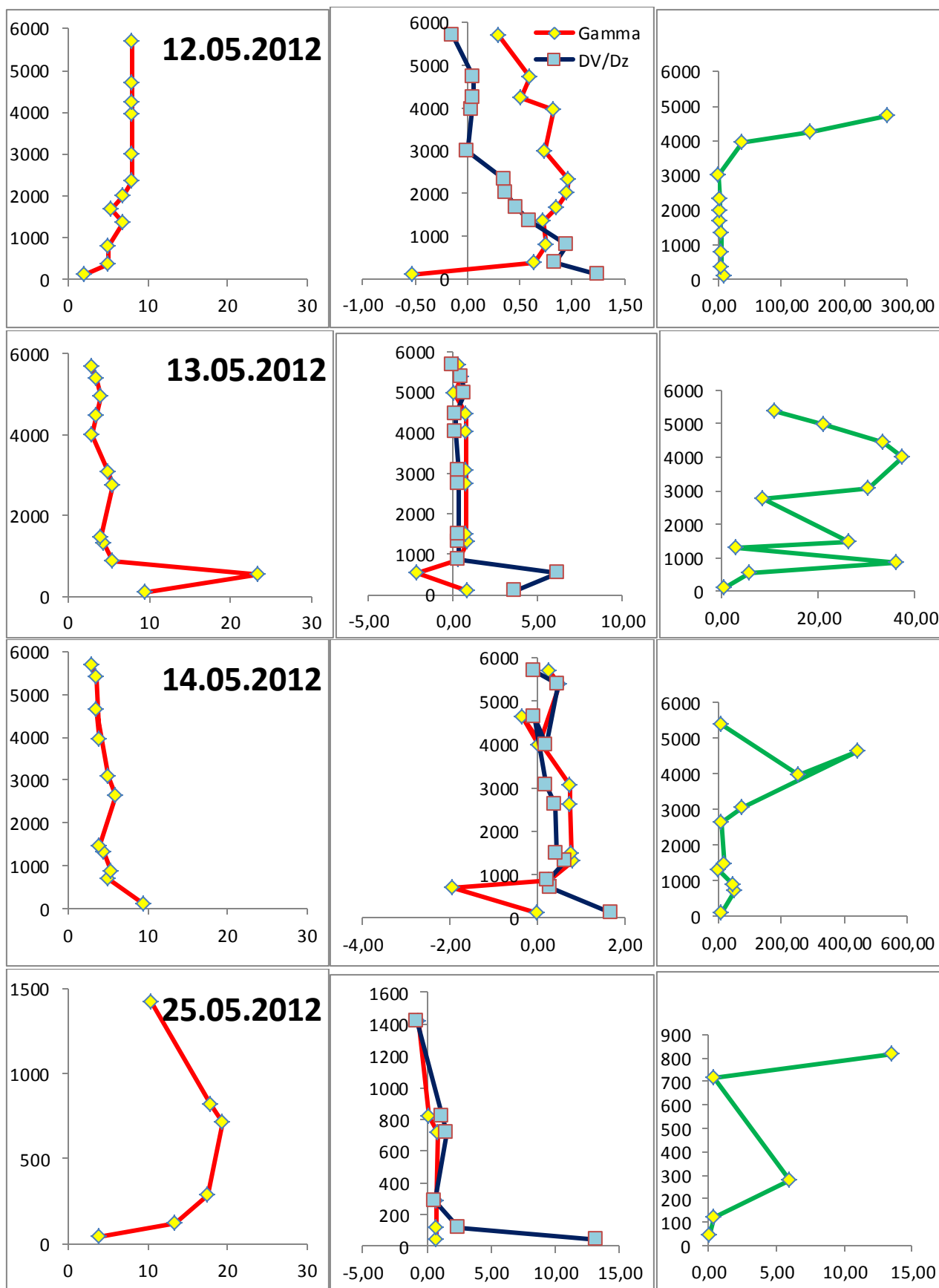


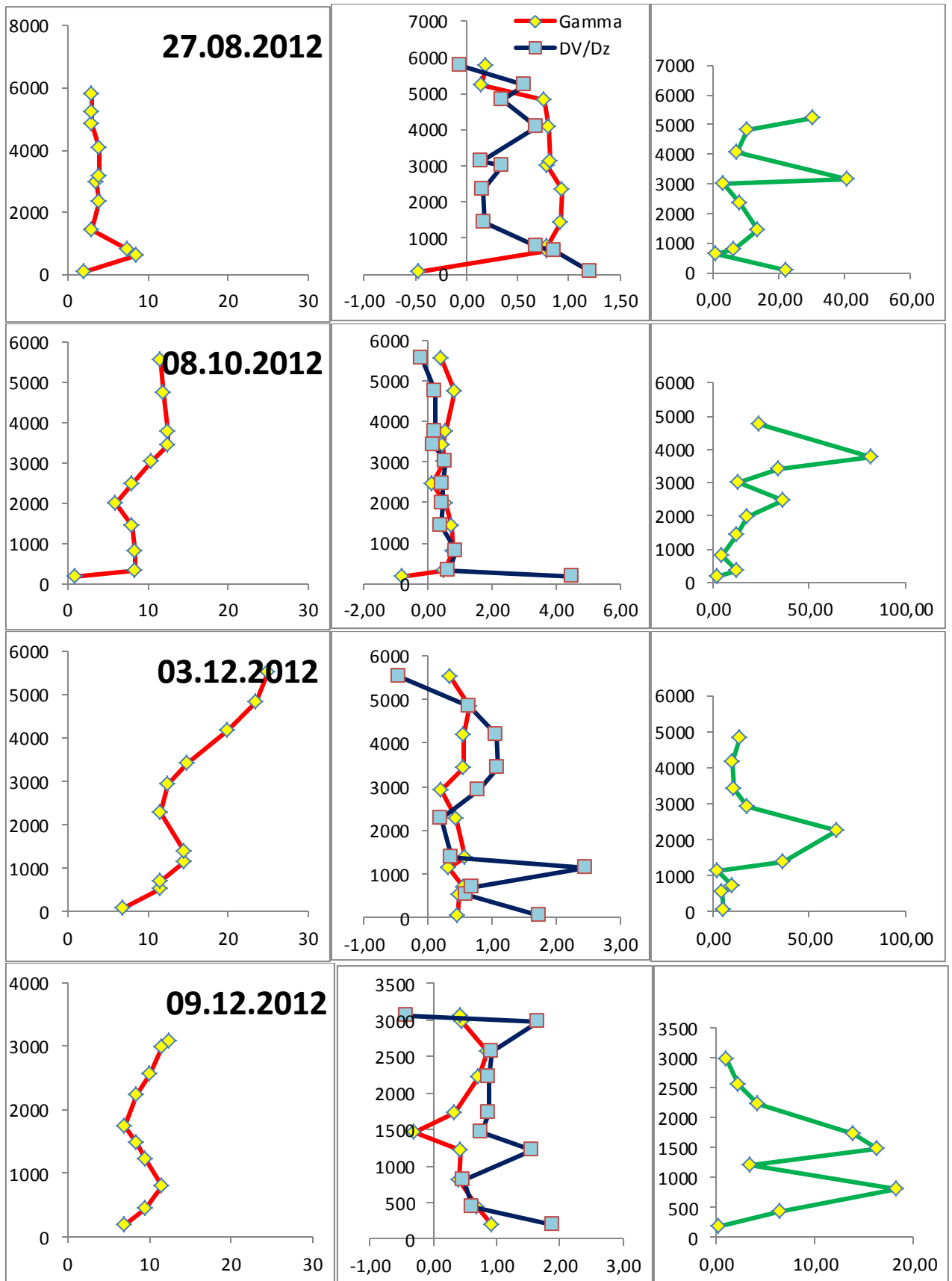
Рис. А.2. Вертикальні профілі швидкості вітру ( $V$ , м/с), вертикальних градієнтів температури та швидкості вітру ( $\gamma$ ,  $^{\circ}\text{C}/100$  м та  $\beta$ , м/с на 100 м) та числа Ричардсона ( $Ri$ ) на ст. Одеса-ГМО, 00 UTC у шарі 0-500 гПа з 2007 по 2020 рр.



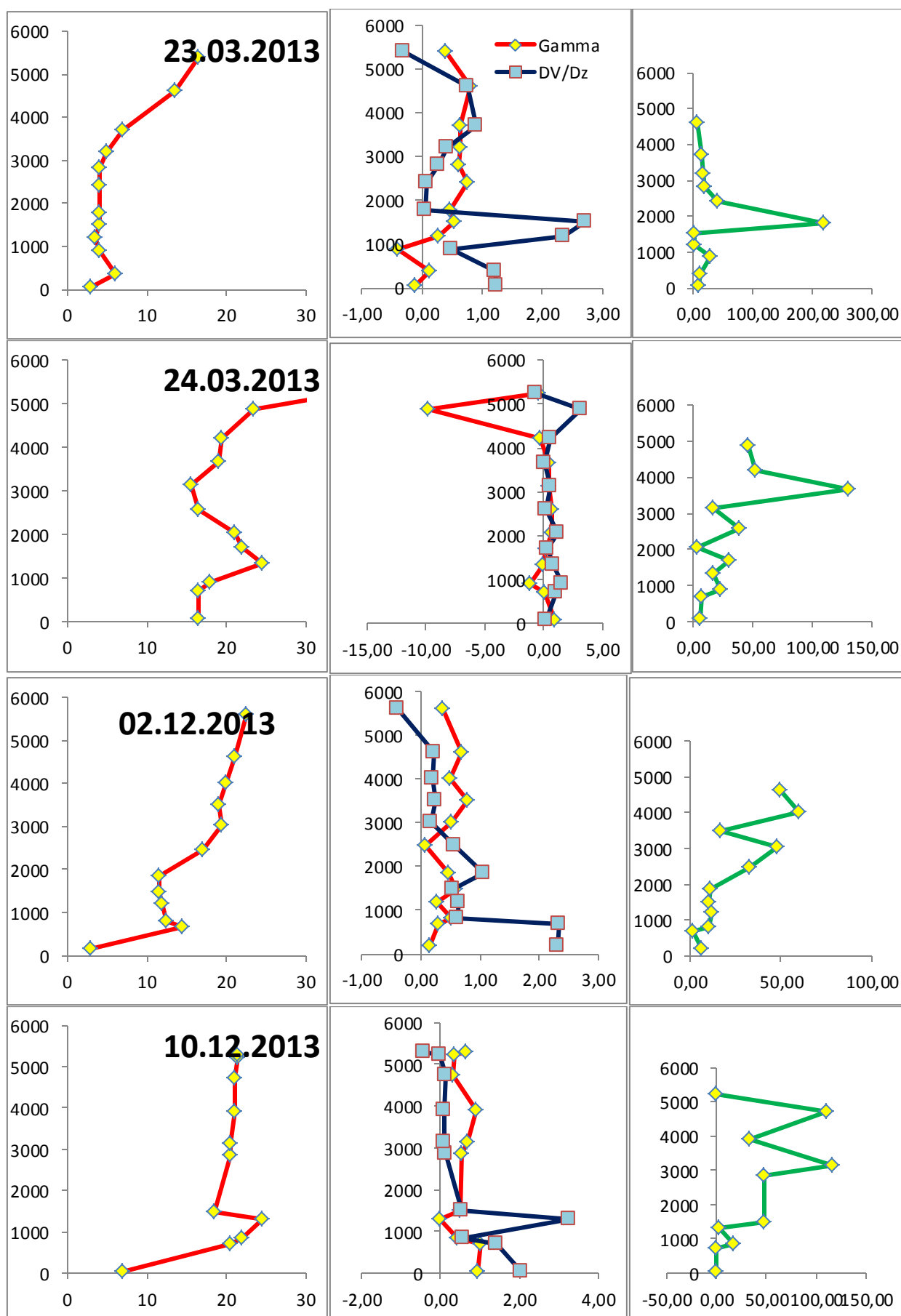
Продовження рис. А.2



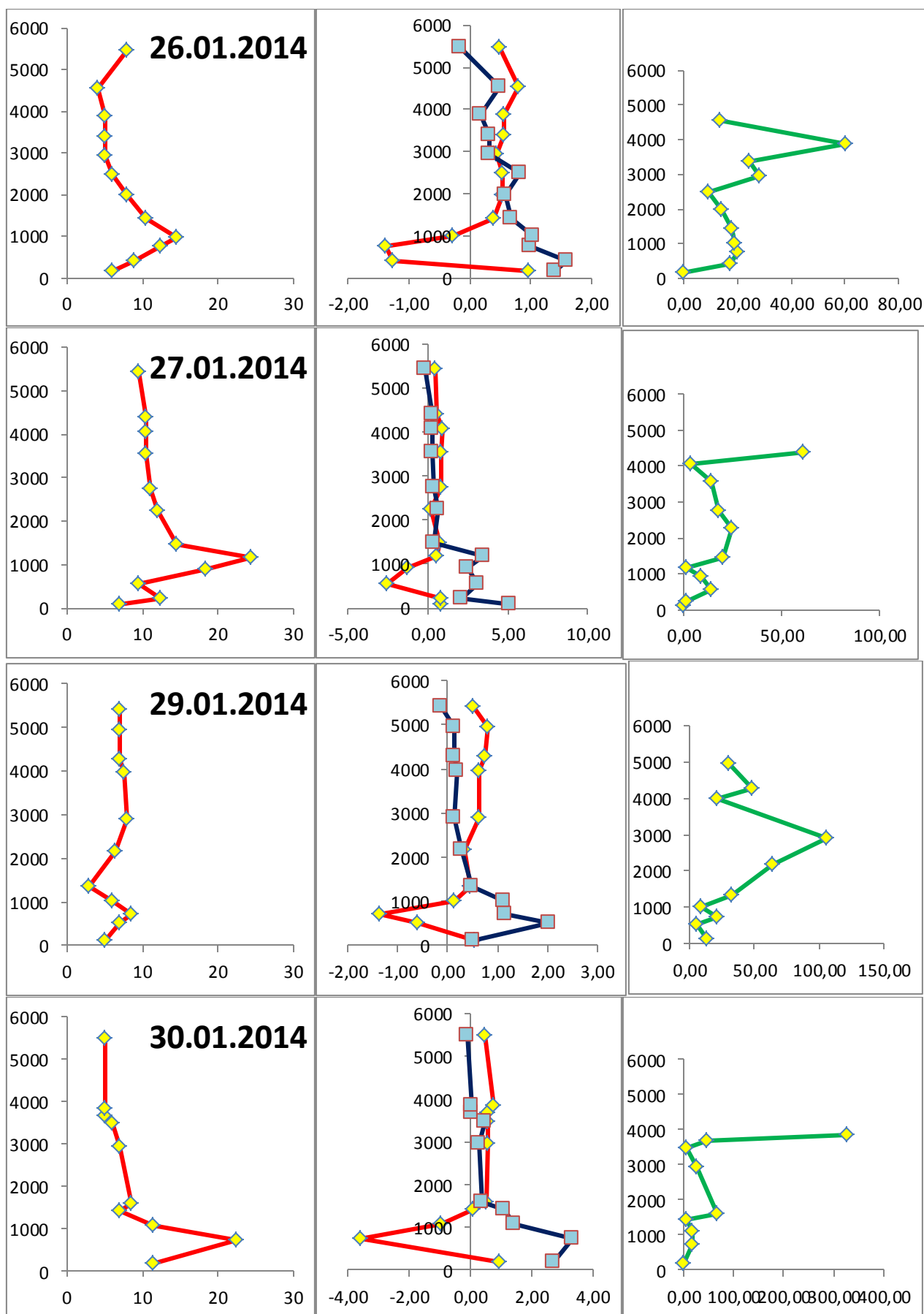
Продовження рис. А.2



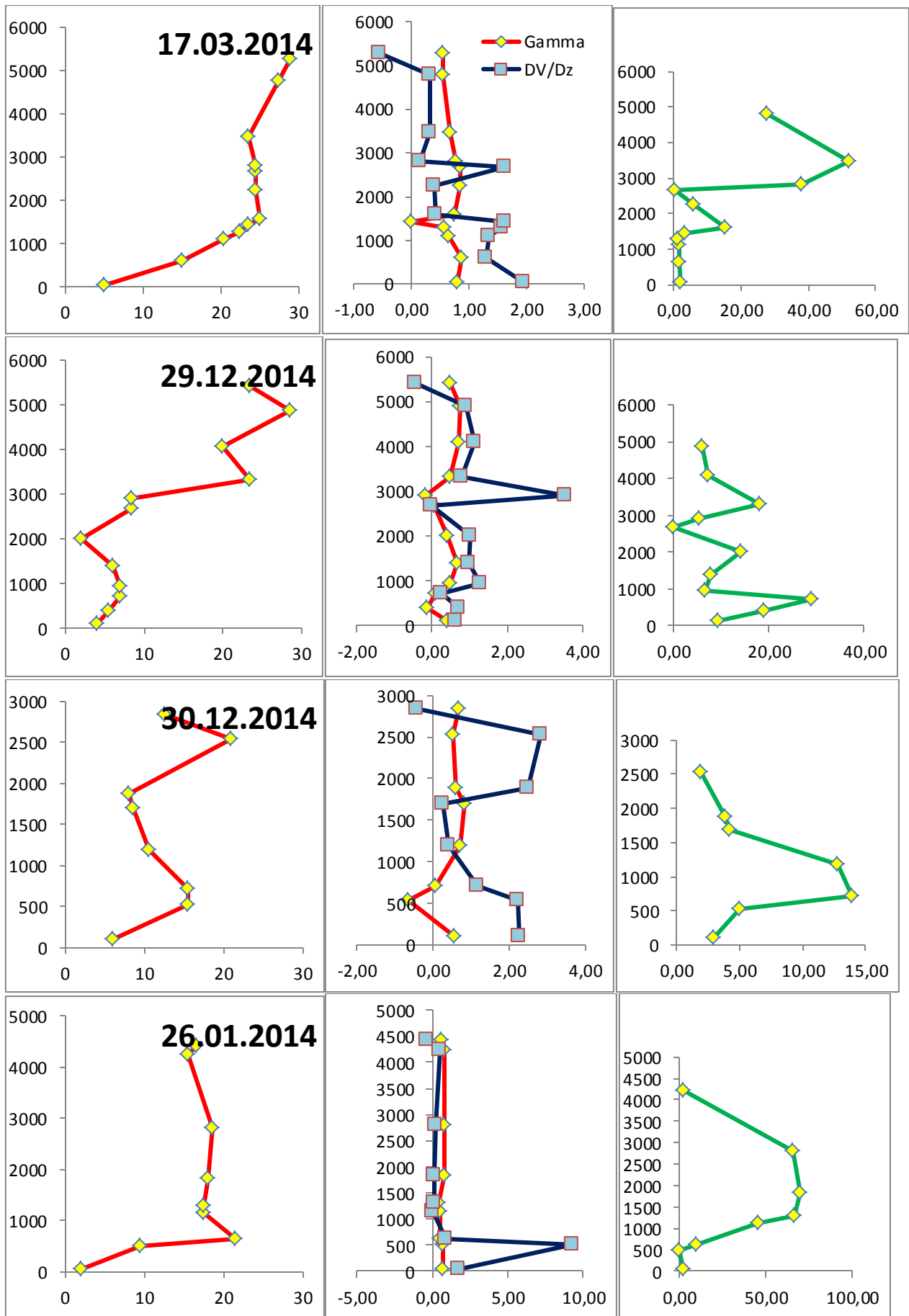
Продовження рис. А.2



Продовження рис. А.2

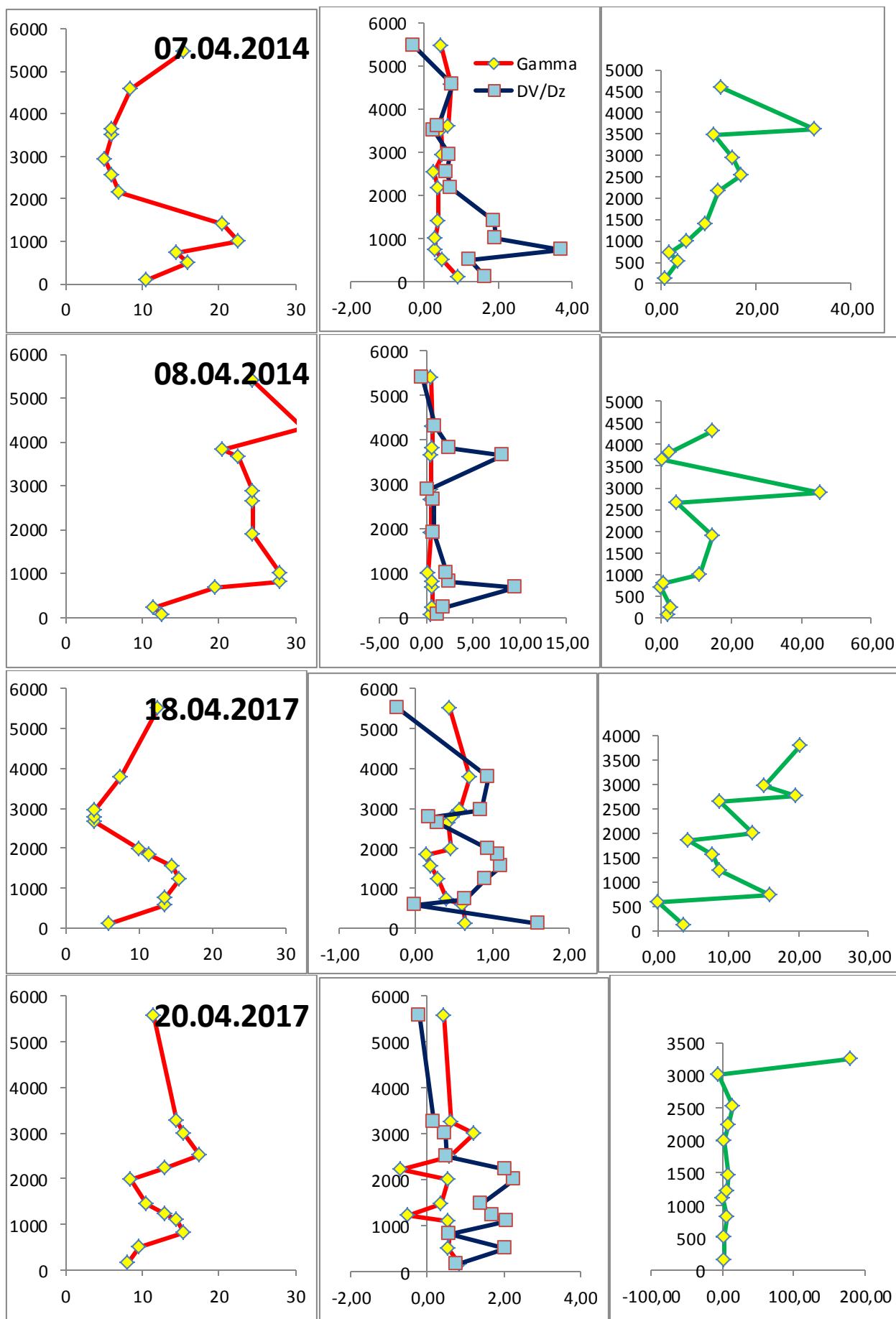


Продовження рис. А.2

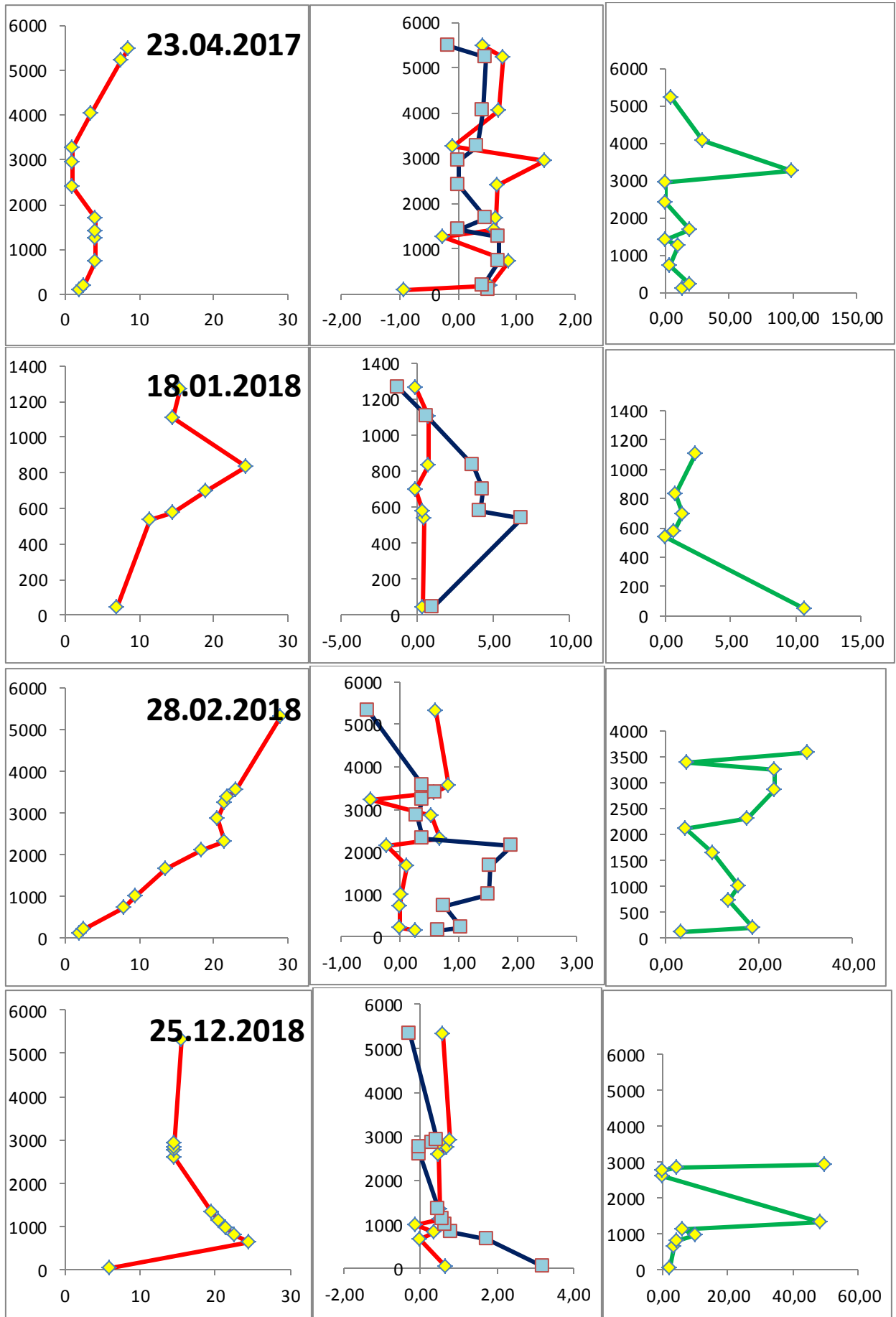


Продовження рис. А.2

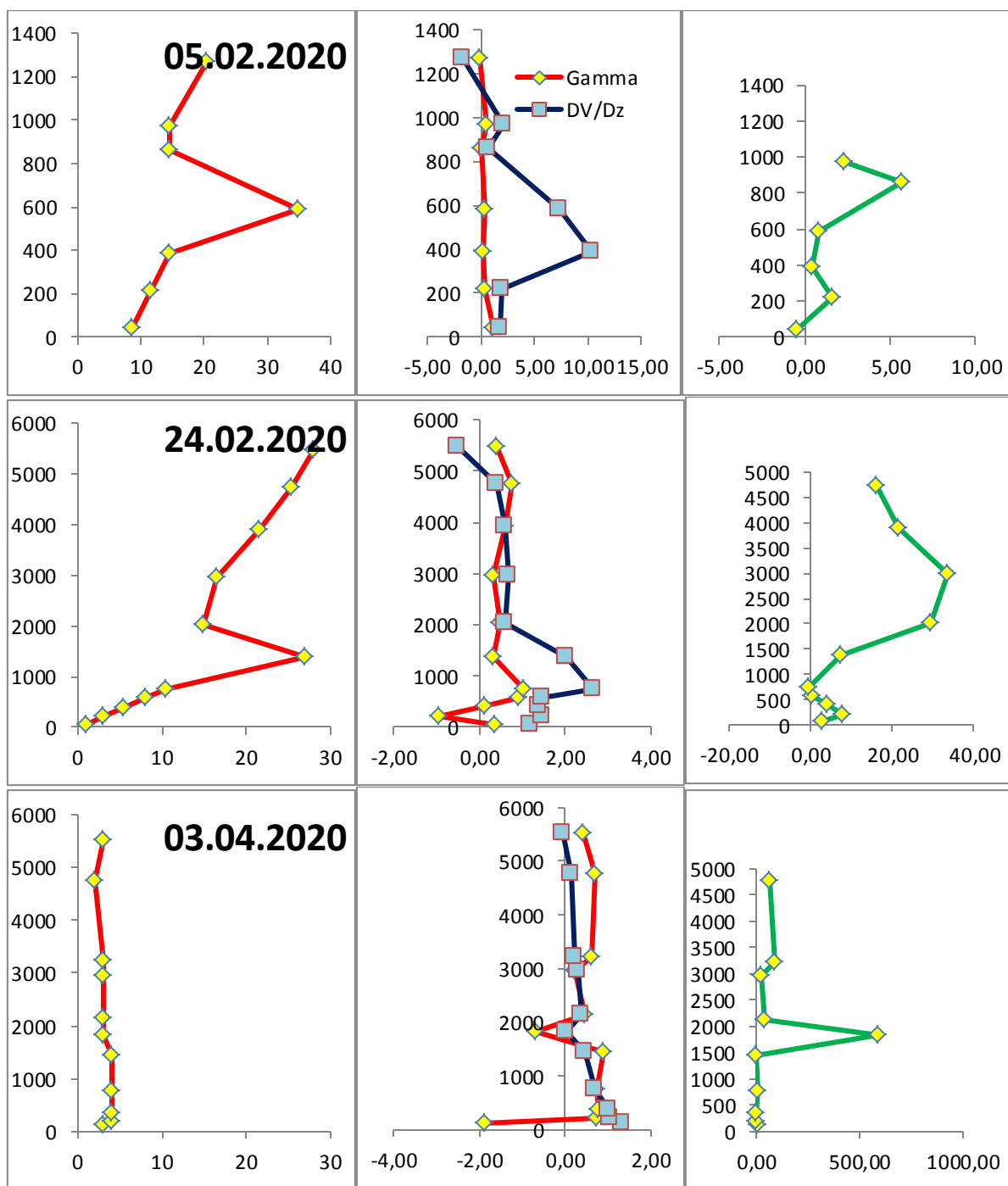




Продовження рис. А.2



Продовження рис. А.2



Продовження рис. А.2

Таблиця А.2 – Параметри термодинамічного стану нижньої тропосфери: характеристики максимуму швидкості вітру -  $h_0$  та  $V_0$ , м/с; середні значення у шарах земля-925, 925-850 та 850-700 гПа вертикальних градієнтів температури ( $\gamma$ , °C/100 м), швидкості вітру ( $\beta$ , м/с на 100 м) та числа Ричардсона ( $Ri$ ) на ст. Одеса-ГМО, 00 UTC

дата	h <sub>0</sub> , м	V <sub>0</sub> , м/с	Gamma, °C/100 м			DV/Dz, м/с на 100 м			Ri		
			Z-925	925-850	850-700	Z-925	925-850	850-700	Z-925	925-850	850-700
23.03.2007	950	21	0,34	-	-	0,63			9,44	-	-
12.02.2011	5400	28	-1,64	-0,39	0,76	1,70	1,00	16,39	18,68	10,34	24,38
12.04.2011	5400	15	0,69	0,65	0,44	1,26	1,47	0,97	1,14	0,83	21,63
26.06.2011	900	19	0,30	0,41	0,62	3,12	2,18	2,37	1,55	4,64	3,96
27.06.2011	850	31	0,23	0,36	0,49	8,27	4,80	1,43	0,56	2,82	6,03
11.08.2011	960	16	-0,26	0,25	0,28	3,14	1,83	0,79	4,19	5,32	30,75
07.02.2012	800	28	-1,98	-0,99	0,39	3,08	1,75	0,37	13,3	25,27	30,03
26.03.2012	3000	30	0,83	0,71	0,55	2,44	1,22	0,40	0,67	0,33	2,36
12.05.2012	-	-	0,76	0,53	0,75	0,95	0,33	0,33	4,91	31,37	28,4
13.05.2012	550	24	0,28	0,52	0,76	0,29	0,35	0,33	36,32	32,55	46,52
14.05.2012	100	10	-1,93	0,09	-	0,32	0,38		51,96	-	-
25.05.2012	700	20	0,80	0,86	0,85		0,43	0,26	-	10,04	8,42
08.10.2012	3400	13	0,81	0,77	0,62	0,90	0,66	0,45	4,85	8,77	13,09
03.12.2012	5500	25	0,55	0,56	0,38	0,69	0,53	0,58	9,95	23,28	27,31
09.12.2012	3000	13	0,41	0,05	0,07	0,48	0,63	1,22	18,32	17,33	8,7
23.03.2013	5400	17	0,12	0,19	0,44	1,23	1,79	1,32	13,13	7,42	11,19
24.03.2013	1300	25	0,09	0,04	0,32	1,08	0,93	0,48	6,94	11,9	28,22
02.12.2013	5600	23	0,52	0,55	0,54	0,62	0,58	0,36	10,57	10,45	12,34
10.12.2013	1300	25	1,01	0,50	0,26	1,41	2,35	1,70	-0,03	1,07	24,88
26.01.2014	1000	15	-1,37	-0,48	2,39	1,00	0,84	0,50	20,39	19,2	-17,08
27.01.2014	1200	25	-2,60	-0,94	0,75	3,12	1,76	0,36	14,48	17,51	19,27
29.01.2014	700	9	-1,36	-0,44	0,55	1,17	0,83	0,32	21,74	27,23	69,36
30.01.2014	750	23	-3,61	-1,74	0,35	3,34	2,23	0,70	17,5	11,34	16,21
17.03.2014	5300	30	0,87	0,71	0,67	1,29	1,44	0,87	1,75	1,57	19,68
29.12.2014	4900	29	0,10	0,38	0,24	0,23	0,60	2,26	29,16	18,49	6,6
30.12.2014	2500	21	0,08	0,46	0,68	1,16	0,79	-0,01	13,91	13,38	-
04.04.2015	650	22	0,54	0,49	0,60	0,86	0,51	0,19	9,81	38,29	66,28
07.04.2015	1000	23	0,30	0,32	0,42	3,75	2,83	1,30	1,84	5,6	12,2
08.04.2015	-	-	0,74	0,63	0,56	9,63	5,27	0,58	0,12	7,38	30,11
18.04.2017	1220	16	0,41	0,30	0,38	0,65	0,89	0,99	16,03	11,89	11,41
20.04.2017	2500	18	0,57	0,46	0,79	0,59	1,00	0,95	7,46	8,08	2,06
23.04.2017	5500	9	0,88	0,75	1,05	0,69	0,35	0,00	3,22	1,61	0,00
18.01.2018	850	25	0,35	0,11	-	4,11	1,44		0,64	-	-
28.02.2018	5300	29	0,00	0,06	0,33	0,75	1,14	0,91	13,45	11,8	16,75
25.12.2018	650	25	0,00	0,26	0,25	1,73	1,10	0,39	3,44	25,88	26,27
05.02.2020	-	-	0,36	0,14	-	7,43	2,90		0,84	-	-
24.02.2020	5500	28	1,03	0,61	0,32	2,66	1,76	1,36	-0,25	3,71	20,59
03.04.2020	-	-	0,75	0,82	0,56	0,72	0,60	0,39	8,29	5,68	13,83

Таблиця А.3 – Параметри термодинамічного стану нижньої тропосфери: характеристики максимуму швидкості вітру -  $U_0$  та  $V_0$ , м/с; середні значення у шарах земля-925, 925-850 та 850-700 гПа вертикальних градієнтів температури ( $\gamma$ , °C/100 м), швидкості вітру ( $\beta$ , м/с на 100 м) та числа Ричардсона ( $Ri$ ) на ст. Одеса-ГМО, 00 UTC по місяцях (2007-2020 рр.)

Місяць	Но, м	$V_0$ , м/с	$V_0$ , СТНР м/с	Gamma, °C/100 м			DV/Dz, м/с на 100 м			Ri		
				Z-925	925-850	850-700	Z-925	925-850	850-700	Z-925	925-850	850-700
січень	900	900	18,9	-1,72	-0,70	1,01	2,55	1,42	0,47	15,0	18,8	21,9
лютий	4250	800	28,3	-0,45	-0,11	0,45	3,12	1,71	4,76	9,2	12,8	22,9
березень	3190	1125	24,2	0,45	0,41	0,50	1,33	1,35	0,77	6,4	5,3	15,4
квітень	2810	957	16,1	0,63	0,58	0,60	2,12	1,51	0,65	5,9	9,8	19,0
травень	450	450	17,5	-0,02	0,50	0,79	0,52	0,37	0,31	31,1	24,7	27,8
червень	875	875	25,0	0,27	0,39	0,56	5,70	3,49	1,90	1,1	3,7	5,0
липень	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
серпень	960	960	15,5	-0,26	0,25	0,28	3,14	1,83	0,79	4,2	5,3	30,8
вересень	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
жовтень	3400	-	12,5	0,81	0,77	0,62	0,90	0,66	0,45	4,9	8,8	13,1
листопад	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
грудень	3056	983	21,6	0,16	0,29	0,60	0,92	0,93	0,88	13,2	16,1	12,7
<b>ХП</b>	<b>2849</b>	<b>952</b>	<b>23,3</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,03</b>	<b>0,64</b>	<b>1,98</b>	<b>1,35</b>	<b>1,72</b>	<b>10,9</b>	<b>13,3</b>	<b>18,2</b>
<b>ТП</b>	<b>1699</b>	<b>810</b>	<b>17,3</b>	<b>0,28</b>	<b>0,50</b>	<b>0,57</b>	<b>2,47</b>	<b>1,57</b>	<b>0,82</b>	<b>9,4</b>	<b>10,5</b>	<b>19,1</b>
<b>Рік</b>	<b>2274</b>	<b>881</b>	<b>20,3</b>	<b>-0,05</b>	<b>0,23</b>	<b>0,60</b>	<b>2,23</b>	<b>1,46</b>	<b>1,27</b>	<b>10,2</b>	<b>11,9</b>	<b>18,7</b>

**Декодування телеграмм WAREP (сообщения о ОЯ) за 24.02.2020 \*\*\***

По состоянию на 24.02.2020 = 12:40

----- Станция 98088 - Паромна пер. -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 08 час 45 мин по МСВ.

>>> WAREP 98088 2408451 11 1321924=

ОЯ - ветер: Напр.=320°, скорость=19м/сек, порыв=**24м/сек**

----- Станция 33833 - Сербка -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 08 час 56 мин по МСВ.

>>> WAREP 33833 2408561 11 1242525=

ОЯ - ветер: Напр.=240°, скорость=25м/сек, порыв=**25м/сек**

----- Станция 33759 - Затиштя -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 09 час 20 мин по МСВ.

>>> WAREP 33759 2409201 12 1301325=

ОЯ - ветер: Напр.=300°, скорость=13м/сек, порыв=**25м/сек**

----- Станция 33761 - Любашівка -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 09 час 55 мин по МСВ.

>>> WAREP 33761 2409951 12 1271527=

ОЯ - ветер: Напр.=270°, скорость=15м/сек, порыв=**27м/сек**

----- **Станция 33837 - Одеса** -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 09 час 36 мин по МСВ.

>>> WAREP 33837 2409361 11 1291421=

ОЯ - ветер: Напр.=290°, скорость=14м/сек, порыв=**21м/сек**

----- Станция 33836 - Іллічівськ -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 10 час 00 мин по МСВ.

>>> WAREP 33836 2410001 11 1321925=

ОЯ - ветер: Напр.=320°, скорость=19м/сек, порыв=**25м/сек**

----- Станция 98091 - Порт П?вден. -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 09 час 55 мин по МСВ.

>>> WAREP 98091 2409551 12 1322126=

ОЯ - ветер: Напр.=320°, скорость=21м/сек, порыв=**26м/сек**

----- Станция 33830 - Б.Дністр. -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 10 час 09 мин по МСВ.

>>> WAREP 33830 2410091 11 1321425=

ОЯ - ветер: Напр.=320°, скорость=14м/сек, порыв=**25м/сек**

----- Станция 54104 - **Одеса АМСЦ** -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 10 час 28 мин по МСВ.

>>> WAREP 54104 2410281 12 1322631=

ОЯ - ветер: Напр.=320°, скорость=26м/сек, порыв=**31м/сек**

----- Станция 33889 - Ізмаїл -----

Отмечено НАЧАЛО ОЯ (STORM) время: 09 час 53 мин по МСВ.

>>> WAREP 33889 2409531 12 1362028=

ОЯ - ветер: Напр.=360°, скорость=20м/сек, порыв=**28м/сек**

Рис. А.3. Дані штормових оповіщень 24 лютого 2020 р.