




RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	World Science
p-ISSN	2413-1032
e-ISSN	2414-6404
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	CIRCULATION AND THERMODYNAMIC CONDITIONS OF WIND INTENSIFICATION IN ODESA REGION
AUTHOR(S)	Семергей-Чумаченко А. Б., Агайар Е. В., Жук Д. О.
ARTICLE INFO	Семергей-Чумаченко А. Б., Агайар Е. В., Жук Д. О. (2022) Circulation and Thermodynamic Conditions of Wind Intensification in Odesa Region. <i>World Science</i> . 6(78). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30122022/7907
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122022/7907
RECEIVED	15 December 2022
ACCEPTED	29 December 2022
PUBLISHED	30 December 2022
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2022. This publication is an open access article.

CIRCULATION AND THERMODYNAMIC CONDITIONS OF WIND INTENSIFICATION IN ODESA REGION

Семергей-Чумаченко А. Б.

к.геогр.н., доц., Україна, Одеса Одеський державний екологічний університет
ORCID ID: 0000-0001-8718-4073

Агайар Е. В.

к.геогр.н., доц., Україна, Одеса Одеський державний екологічний університет
ORCID ID: 0000-0003-3914-6288

Жук Д. О.

аспірант, Україна, Одеса Одеський державний екологічний університет

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122022/7907

ARTICLE INFO

Received: 15 December 2022

Accepted: 29 December 2022

Published: 30 December 2022

KEYWORDS

Strong Wind, Frequency, Odessa Region, Baric Gradients, Stability.

ABSTRACT

A strong wind significantly affects the living conditions and economic activity of a person and society, because it can cause damage to the communal economy of cities, destroy buildings, and disrupt communication and transport. This research is devoted to the determination of the modern spatiotemporal distribution of strong wind at the stations of the Odesa region for 2005–2020, as well as the circulation and thermodynamic conditions of its strengthening.

Revealed the weakening of the wind speed from 3,4 to 2,8 m/s at the stations of the Odesa region for 2005-2020 compared to the previous climatic period of 1961-1990, with the exception of Bilhorod-Dnistrovskiyi. Found the intensity of the wind regime decreased most strongly in the south of the region. Determined that strong winds arose mainly over Bilhorod-Dnistrovskiyi, Chornomorsk, and Odesa-AMSC during cyclonic circulation with large baric gradients. Revealed the predominance of stable stratified air with moderate wind shear from the surface to the level of 925 hPa on the eve of the strong wind in the Odesa region.

Citation: Семергей-Чумаченко А. Б., Агайар Е. В., Жук Д. О. (2022) Circulation and Thermodynamic Conditions of Wind Intensification in Odesa Region. *World Science*. 6(78). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30122022/7907

Copyright: © 2022 Семергей-Чумаченко А. Б., Агайар Е. В., Жук Д. О. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

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 [1-4]. 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 [5]. 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.

Мета дослідження - характеристика сучасного просторово-часового розподілу сильного вітру на станціях Одеської області за 2005–2020 рр., а також циркуляційних та термодинамічних умов його посилення.

Матеріали та методи. Основними джерелами інформації є стандартні спостереження на метеорологічних станціях Одеської області (Одеса-ГМО, Одеса-АМСЦ, Чорноморськ, Роздільна, Любашівка, Сербка, Затишшя, Балта, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Дунайська ГМО (Ізмаїл)) з 2005 по 2020 рр. [6].

Об'єкт дослідження – швидкість вітру на метеорологічних станціях Одеської області.

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

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення даних, синоптичний аналіз

Результати досліджень. Одеса та Одеська область за умовами циркуляції та географічного розташування відноситься до регіону з підвищеним фоном швидкостей вітру [7–9], тому штилі 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.

Протягом року на ст. Одеса-ГМО у 1961-1990 рр. [7] найчастіше відмічався вітер швидкістю 4–5 м/с. В річному ході максимальні середньомісячні швидкості вітру майже на всіх метеостанціях навколо 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.

Останніми десятиріччями [2, 9, 10] 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. 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 2005 по 2020 рр.

В **табл. 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.

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. 1**), можливо через наближення до лінії узбережжя Чорного моря та відсутності щільної забудови навколо станції (Одеса-ГМО).

Також слід вказати на більш інтенсивний вітровий режим півночі Одеської області (Любашівка, Затишшя, 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.

Таблиця 1. Значення середньорічної швидкості вітру над Одещиною за 1961-1990 [7] та 2005-2020 рр.

Станція	V _{сер} , м/с		$\Delta V_{2005-2020}^{1961-1990}$, 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	0,4
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

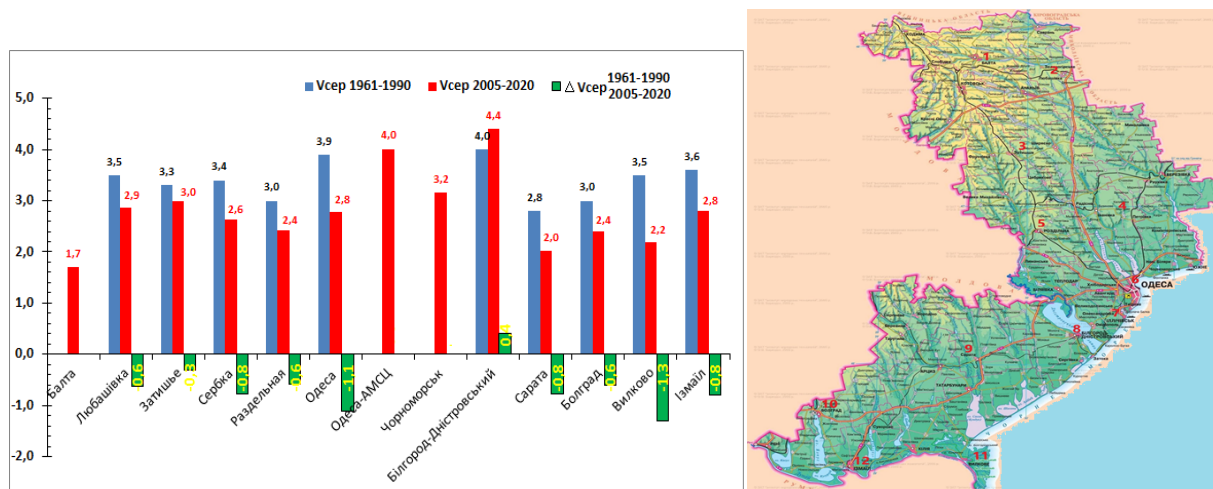


Рис. 1. Середньорічна швидкість вітру над Одеською областю за 1961-1990 і 2005-2020 рр., різниця між періодами та географічне розташування пунктів дослідження (червоні цифри на карті – 1 – Балта, 2 – Любашівка, 3 – Затишшя, 4 – Сербка, 5 – Роздільна, 6 – Одеса-ГМО, 7 – Чорноморськ, 8 – Білгород-Дністровський, 9 – Сарата, 10 – Болград, 11 – Вилкове, 12 – Дунайська ГМО (Ізмаїл).)

В період з 2005 по 2020 рр. 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 областю крім Чорноморська.

Практично половина випадків сильного вітру (46,1 % або 148 випадків) утворювалася над Білгород-Дністровським (рис. 2), 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.

Найбільших значень швидкість вітру досягала (20-22 м/с) в районі Одеси (Чорноморськ та 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 більше 15 м/с виявилися над Затишшям та Любашівкою – 6 та 3 строки спостережень. На ст. Балта та Роздільна максимальна швидкість на 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) через посилення циклонічної діяльності у регіоні.

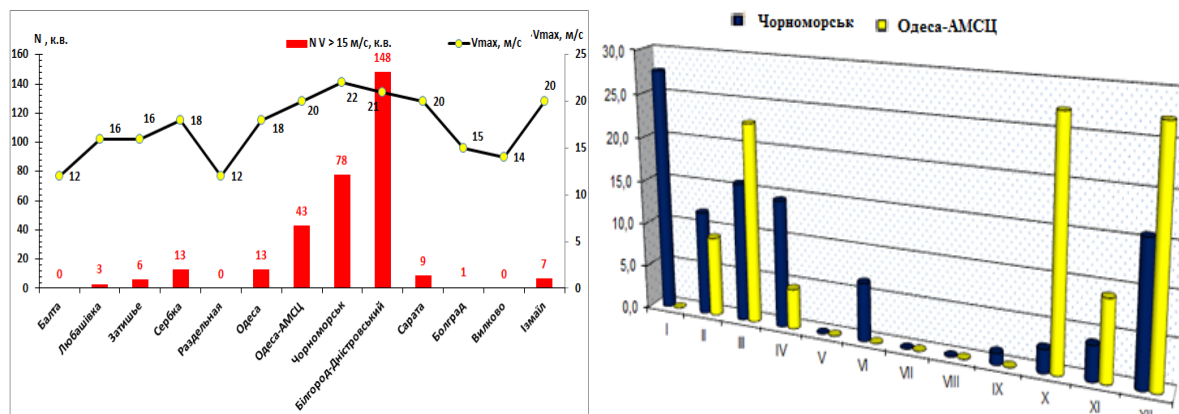


Рис. 2. Максимальна швидкість та кількість випадків сильного вітру ($V > 15$ м/с) на території Одеської області у 2005-2020 рр. та річний хід (%) кількості випадків сильного вітру на станціях Чорноморськ та Одеса-АМСЦ (аеропорт Одеса)

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

Найчастіше в період дослідження сильний вітер мав північно-західний напрямок, та середні значення горизонтального баричного градієнту становила 3,4 гПа/100 км (табл. 2). 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, 10]. 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. 2 та рис. 3).

Отже, сильний вітер утворюється при синоптичних процесах, віднесених до 5 і 6 типу класифікації. Тип 5 – це периферійні атмосферні процеси з атмосферними фронтами (рис. 4). Підтип 5.1 – східний та північно-східний перенос по східній-південно-східній периферії антициклону.

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.

Тип 6 – це циклонічні циркуляції з великими баричними градієнтами ($\partial P/\partial n \geq 2,5$ гПа/111 км). Підтип 6.1 (рис. 5) – 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 ≥ 40 км·год⁻¹. 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.

Таблиця 2. Кількість випадків сильного вітру (≥ 15 м/с) над Одещиною за 2005-2020 рр. та характеристика умов його виникнення.

Пункт	Кількість випадків	V_{\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
Затишся	6	20	Пн-Зх	4,7	6.4 – 3 6.2 – 3
Всього	321	22	Пн-Зх	3,4	6.2 – 92

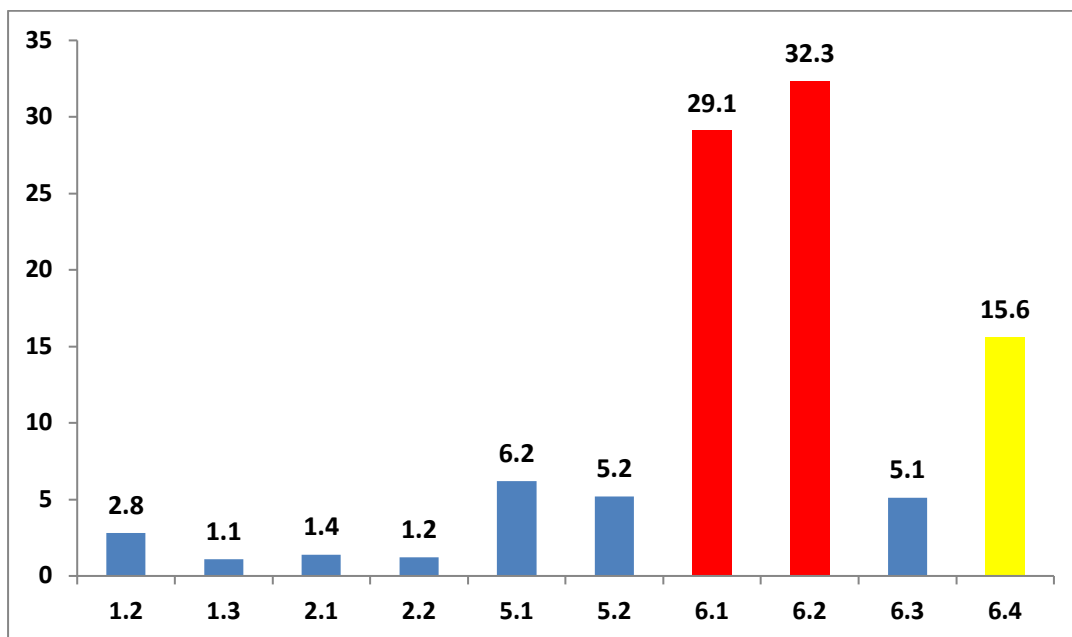


Рис. 3. Повторюваність (P, %) підтипів синоптичних процесів над Північно-Західним Причорномор'ям за наявності сильного вітру у 2006-2015 рр.

4

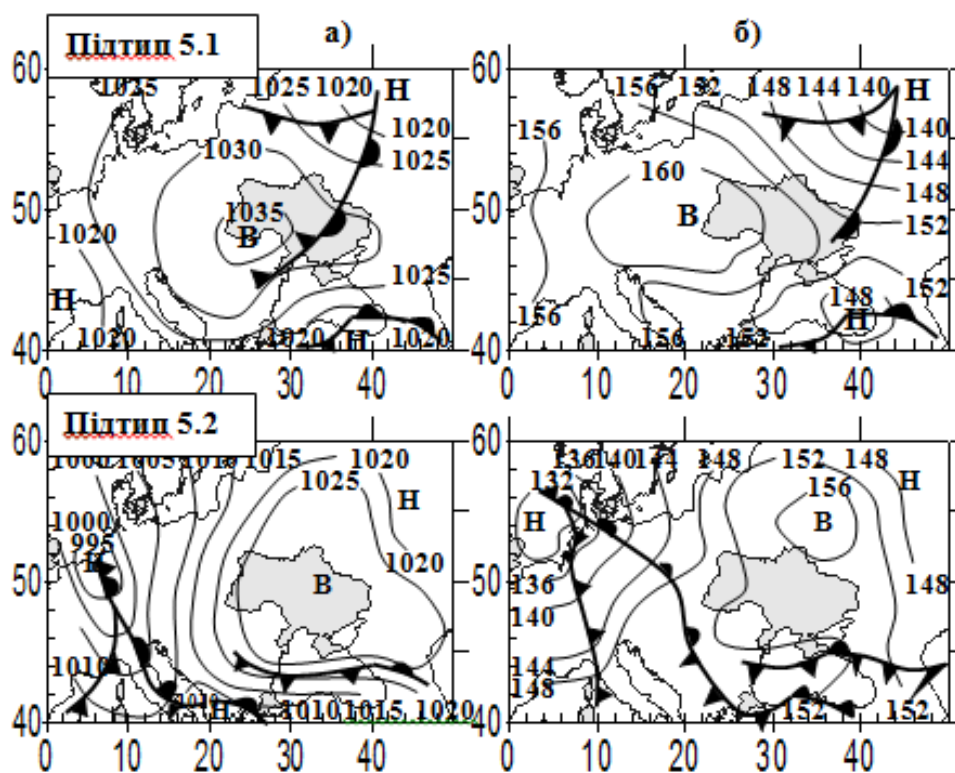


Рис. 4. Підтипи синоптичного типу 5. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б)

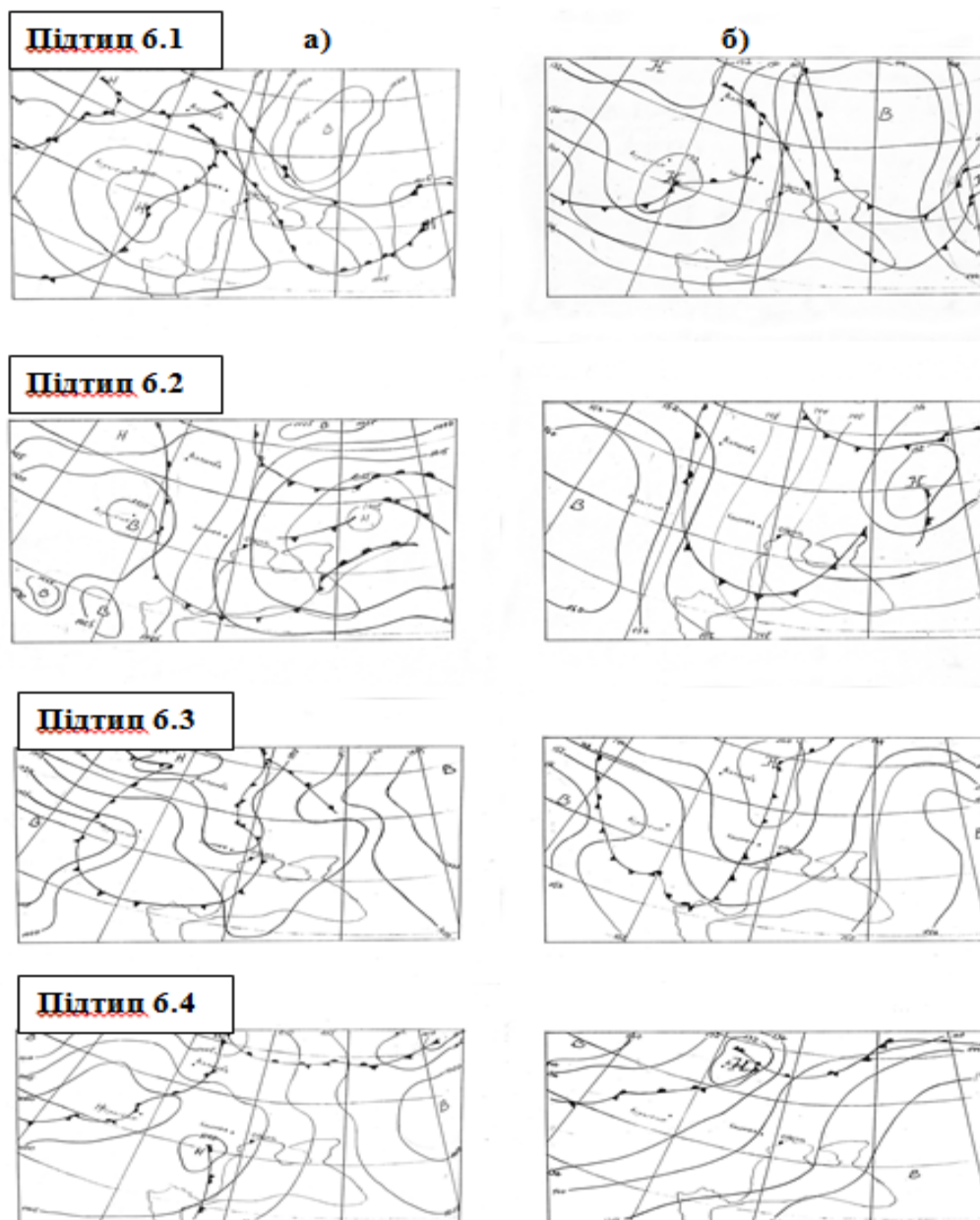


Рис. 5. Підтипи синоптичного типу 6. Карти-схеми: приземна (а) і АТ850 (б)

Синоптичний тип 6, тобто циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами (рис. 5) 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 зростає 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. 4) 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 %).

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 середовищі, що не обертається, є нестійкість Кельвина-Гельмгольца – тобто, число Річардсона (Ri), що дорівнює відношенням сил плавучості до сили інерції:

$$Ri = \frac{g}{\Theta} \cdot \frac{\partial \Theta / \partial z}{\beta^2} = \frac{g}{\bar{T}} \cdot \frac{\gamma_a - \gamma}{\beta^2}, \quad (1)$$

де β 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-адиабатичний вертикальний градієнт температури; \bar{T} - середня температура шару; Θ - 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 γ свідчить про підвищення термічної нестійкості і про можливість обміну кінетичною енергією між шарами повітря.

В рамках дослідження 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, 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 розраховувався за формулою:

$$\gamma = \frac{T_i - T_{i+1}}{\Delta z}, \quad (2)$$

вертикальний зсув вітру :

$$\left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right| = \frac{\sqrt{(u_{i+1} - u_i)^2 + (v_{i+1} - v_i)^2}}{\Delta z}, \quad (3)$$

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} ; Δz - товщина шару $z_{i+1} - z_i$, яка повинна задовольняти умові $200 \leq \Delta z \leq 1000 \text{ м}$.

Складові швидкості вітру розраховувалися за формулами:

$$\begin{aligned} v &= u_i \cos(270^\circ - dd_i), \\ u &= u_i \sin(270^\circ - dd_i), \end{aligned} \quad (4)$$

де u_i і dd_i – відповідно швидкість та напрям вітру на i -му рівні. Розрахунок числа Річардсона (Ri) відбувався за формулою:

$$Ri = \frac{1962}{(T_i + T_{i+1} + 546)} \frac{\left(1 - \frac{T_i - T_{i+1}}{\Delta z}\right) (\Delta z)^2}{\sqrt{(v_{i+1} - v_i)^2 + (u_{i+1} - u_i)^2}}, \tag{5}$$

де T_i та T_{i+1} задавалися в градусах Цельсія, Δz – 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. 6).

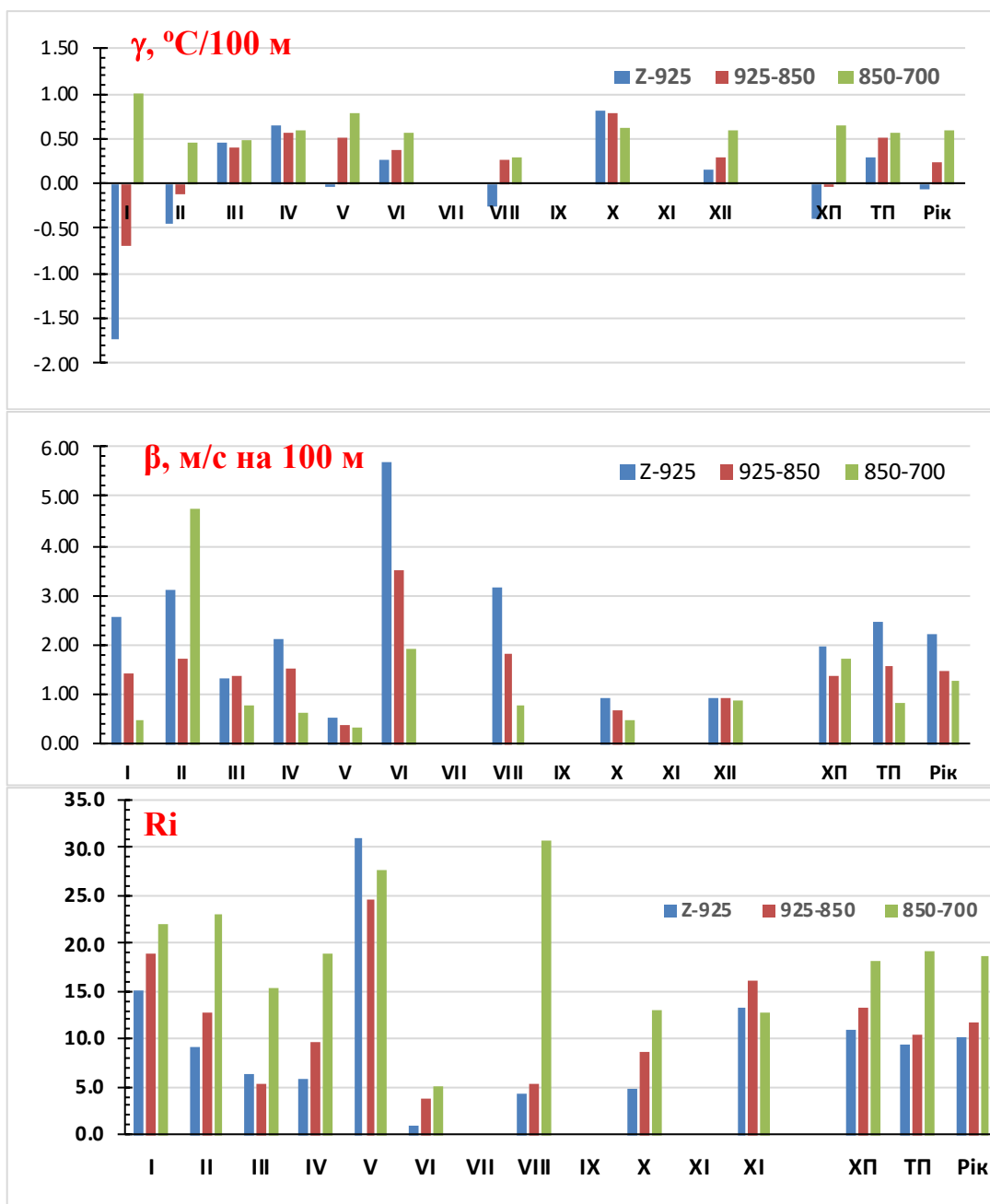


Рис. 6. Середні значення у шарах земля-925, 925-850 та 850-700 гПа вертикальних градієнтів температури (γ , $^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$) та швидкості вітру (β , $\text{м/с на } 100 \text{ м}$), числа Ричардсона (Ri) на ст. Одеса-ГМО, 00 UTC по місяцях 2007-2020 рр.

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

Подібний вертикальний розподіл числа Ричардсона зберігався 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 – 10 грудня 2013 р, 8 квітня 2015 р. та 24 лютого 2020 р. Жодного разу не виявилось $Ri < 0,25$ у шарі 850-700 гПа, тобто гідродинамічна стійкість зростала з висотою.

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 γ_{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 γ_{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 перевищувала 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 ($2-4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 100 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 з 26 по 27 червня 2011 р. (рис. 7) до 18-20 м/с було забезпечене збільшенням баричного градієнту у перехідній зоні під впливом гребеню антициклону над Центральною Європою [11], виникненням циклону з центром над Кримським півостровом та проходженням холодного фронту.

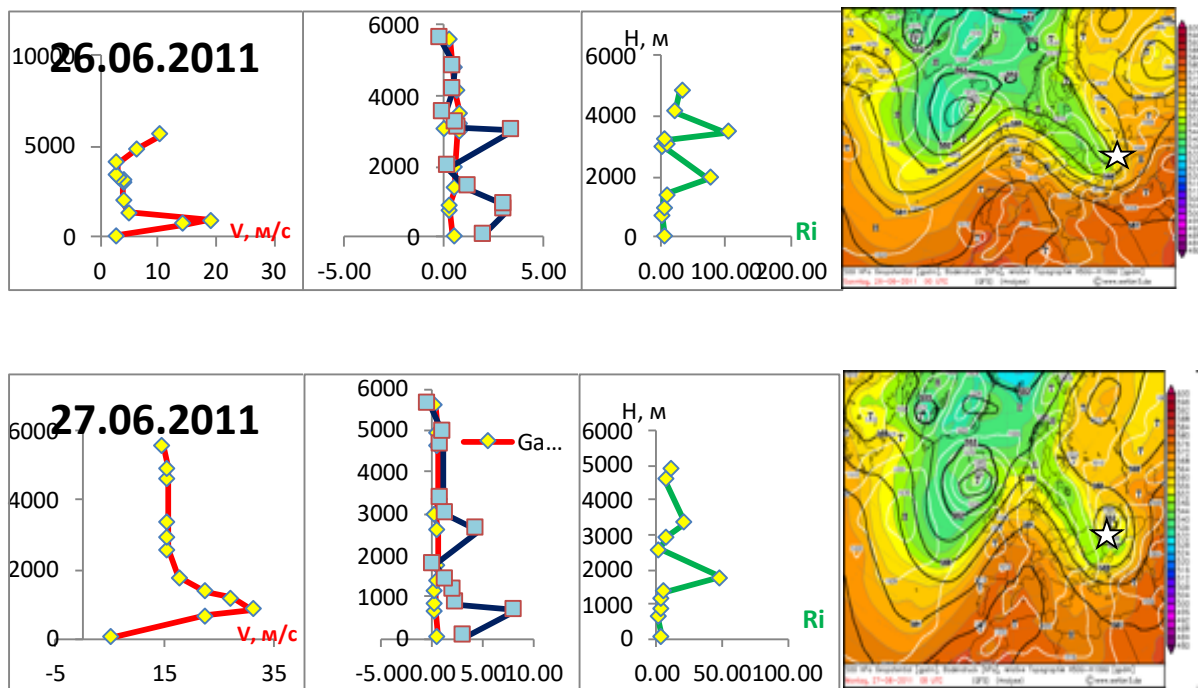


Рис. 7. Вертикальні профілі швидкості вітру (V , м/с), вертикальних градієнтів температури та швидкості вітру (γ , $^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ та β , м/с на 100 м) та числа Ричардсона (Ri) на ст. Одеса-ГМО та синоптична карта (приземний аналіз, АТ-500 та ВТ-500/1000) за 26 та 27 червня 2011 р. у 00 UTC

Висновки.

1. Виявлено послаблення швидкості вітру з 3,4 до 2,8 м/с на станціях Одеської області за 2005-2020 рр. відносно попереднього кліматичного періоду 1961-1990 рр. за винятком Білгород-Дністровського, а найсильніше інтенсивність вітрового режиму знизилася на півдні регіону.

2. Визначено, що над Одеською областю сильний вітер виникав переважно (82,1 %) над Білгород-Дністровським, Чорноморськом та Одесою-АМСЦ при циклонічній циркуляції з великими баричними градієнтами.

3. З'ясовано, що напередодні виникнення сильного вітру впродовж доби над станціями Одеської області від поверхні землі до рівня 925 гПа переважало стійке стратифіковане повітря з помірними зсувами вітру, а з висотою термічна та динамічна стійкість зростали.

REFERENCES

1. Ivus, HP (2012) Spetsializovani prohnozy pohody (Specialized weather forecasts), Odessa: TES. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/609> (in Ukrainian)
2. Agayar, EV. (2021) Spetsializovani prohnozy nebezpechnykh yavlyshch pohody: navchal'nyy posibnyk (Specialized forecasts of dangerous weather phenomena: a textbook). Odessa: Odessa State Environmental University. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9400> (in Ukrainian)
3. Lipins'kyu, VM, Osadchyy, VI, Babichenko, VM (Ed.). (2006). Stykhiyni meteorolohichni yavlyshcha na terytoriyi Ukrayiny za ostannye dvadtsyatyrichchya (1986-2005 rr.) (Natural meteorological phenomena on the territory of Ukraine for the last twenty years (1986-2005)). Kyiv: Nika-Tsentr. (in Ukrainian)
4. Semerhei-Chumachenko, AB, Agayar, EV, Zhuk, DO. (2021). Prostorovo-chasovyy rozpodil smerchiv ta shkvaliv u pivnichno-zakhidnomu Prychornomor'yi z 2006 po 2020 rr. (Spatial-temporal distribution of tornadoes and squalls in the northwestern Black Sea region from 2006 to 2020). World Science No 11 (72), <https://rsglobal.pl/index.php/ws/issue/view/264> (in Ukrainian)
5. Humonenko, LV, Zhuk, NH, Savchenko, LI, Tkach, VO (2019) Nastanova z meteorolohichnoho prohnozuvannya (Guidelines for meteorological forecasting). Kyiv: UkrHMTS https://meteo.gov.ua/files/content/docs/meteo_kerdoc/настанова%20з%20метеорологічного%20прогнозування.pdf (in Ukrainian)
6. Pohoda v Odes'kyi oblasti (Weather in Odesa region) (2022). Retrieved from: <http://rp5.ua>
7. Lipinsky, VM, Dyachuk, VA, Babichenko, VM (Ed.). (2003). Klimat Ukrayiny (Climate of Ukraine). Kyiv: Vydavnytstvo Rayevs'koho. (in Ukrainian)
8. Smekalova, LK, Shver, TA (1986) Klimat Odessa (Climate of Odessa). Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russian)
9. Ivus, HP, Kovalkov, IA, Semerhei-Chumachenko, AB, Popova, LO (2017) Change in wind speed over the Odessa region. SWorld Journal, 12, 36-41, <https://www.sworld.com.ua/e-journal/swj12.pdf>
10. Ivus, HP, Semerhei-Chumachenko, AB, Agayar, EV (2009) Do problemy typizatsiyi synoptychnykh protsesiv nad pivdnem Ukrayiny u suchasnykh umovakh (To the problem of typification of synoptic processes over the south of Ukraine in modern conditions). Prychornomors'kyi ekolohichnyy zhurnal (Black Sea Ecological Journal), 2 (24), 142-145. (in Ukrainian)
11. The World in Weather Charts (2022). Retrieved from: http://www2.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html