

УДК 551.501.7

ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ ВИНИКНЕННЯ СИЛЬНОГО ТА СТИХІЙНОГО ВІТРУ НАД ПІВДЕННИМ ЗАХОДОМ УКРАЇНИ

Г.П. Івус, професор, к.геогр.н., завідувач кафедри

Е.В. Агайар, к.геогр.н., доцент

Л.М. Гурська, старший викладач

А.Б. Семергей-Чумаченко, к.геогр.н., доцент

*Одеський державний екологічний університет,
буль. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, hurska.od@gmail.com*

У статті описуються особливості взаємодії великомасштабної циркуляції атмосфери з формуванням несприятливих погодних умов в холодний період (жовтень-березень) 2011-2014 рр. в районі Північно-Західного Причорномор'я, які проявляються як сильний і дуже сильний вітер. Для випадків швидкості вітру $\geq 15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ за даними синоптичного архіву розраховані індекси циркуляції Каца для ізобаричної поверхні 500 гПа. Більш детальне дослідження структури макроциркуляційних процесів при сильному вітрі, крім індексів Каца, дозволяє отримати класифікація і календар послідовної зміни елементарних циркуляційних механізмів (ЕЦМ) Північної півкулі по Б.Л. Дзердзеевському і типізація синоптичних процесів, розроблена на кафедрі метеорології і кліматології ОДЕКУ. Отримано, що посилення швидкості вітру на півдні України до критеріїв сильного і дуже сильного, в основному, відбувається за рахунок меридіонального характеру циркуляції атмосфери. При цьому переважають змішана або західна форми циркуляції за індексом Каца, тип ЕЦМ 12а і 13з по Дзердзеевському і типи 5 (підтип 5.2) і 6 (всі підтипи в залежності від ЕЦМ) за синоптичною типізацією ОДЕКУ.

Ключові слова: синоптичні процеси, елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ), типізація атмосферної циркуляції, індекси циркуляції, прогноз сильних вітрів.

1. ВСТУП

На сьогоднішній день проблема штормових вітрів є досить актуальною у тих сферах діяльності людини, які пов'язані з безпекою життєдіяльності населення, мореплавства, авіації тощо. Завчасне виявлення та попередження про виникнення небезпечних погодних умов, у тому числі й сильних штормів, що можуть призвести до значних економічних втрат та загибелі людей, є головною задачею прогностичних підрозділів Гідрометслужби України. Однією із умов успішного прогнозування сильних вітрів є знання характеристик вітрового режиму досліджуваної території та синоптичних умов, що їх обумовлюють [1-5]. Аналіз синоптичного матеріалу дозволяє виділити загальні закономірності таких процесів. Представлені нижче результати є продовженням робіт [6-12] з пошуку кращої синоптичної класифікації, яка відображає повноту макромасштабних баричних процесів, що обумовлюють формування вітру, в тому числі і сильного, над півднем України та дозволяє якомога точніше його прогнозувати.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Перше 20-річчя ХХІ століття є перехідним періодом від панування найбільш нестійких,

провокуючих метеорологічно обумовлені стихійні лиха (у тому числі і викликані сильним вітром) південних меридіональних процесів до переважання меридіональних північних. У зв'язку з тим, що меридіональні південні процеси в даний час майже вдвічі триваліше середньої [13], ймовірність обумовлених ними природних катастроф залишається високою, а самі циркуляційні умови потребують ретельного вивчення з метою підвищення справджуваності прогнозів стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ).

Загальні властивості атмосферної циркуляції часто описують за допомогою різноманітних індексів, серед яких найбільш відомі індекси циркуляції К.-Г. Росьбі [14] та Є.М. Блінової [15]. К.-Г. Росьбі розглядав геострофічну зональну складову швидкості вітру через різницю тиску між 35 та 55° широти по секторах. Є.М. Блінова рахувала лінійну швидкість руху атмосфери уздовж кола широти рівною осередненій зональній швидкості геострофічного вітру. Дещо пізніше А.Л. Кац [16-18] розробив типізацію, а також індекси зональної та меридіональної циркуляції, які детально розглянемо нижче.

М.А. Петросянц та Д.Ю. Гущина [19, 20] запропонували новий видозмінений індекс циркуляції, який дуже близький до індексу Є.М. Блінової. За допомогою цього індексу об-

числюється циркуляція швидкості зональної складової реального вітру, який відбиває великомасштабні особливості глобальної зональної циркуляції та дозволяє більш детально характеризувати особливості руху атмосфери у різних широтних зонах. В принципі М.А. Петросянцем і Д.Ю. Гущиною було введено два інтегральні індекси циркуляції як інтегральні характеристики поля вітру: 1) циркуляція вектору швидкості зональної складової вздовж кола широти і 2) циркуляція вектору швидкості вітру по контуру. Дані індекси введені для вивчення далеких зв'язків між процесами в тропіках і помірних широтах. Самі індекси циркуляції не несуть інформації про аномалії погоди у відповідних районах, але аномалія циркуляції вектору швидкості вітру може бути показником аномалій температури та опадів. Не дивлячись на привабливість цього індексу подальший його розгляд виходить за рамки статті.

У роботі [21] вперше проілюстрований зв'язок індексів циркуляції Є.М. Блінової [15] та А.Л. Каца [16] з типами циркуляції Північної півкулі по Б.Л. Дзердзеєвському [13]. Оскільки дослідження в [21] виконані по вихідних рядах першої половини ХХ століття і можуть не відображати сучасних змін циркуляційних умов, то становить інтерес провести подібний аналіз.

Загалом існує декілька класифікацій великомасштабної циркуляції атмосфери Північної півкулі, серед яких найбільш відома синоптична класифікація великомасштабних атмосферних процесів Дзердзеєвського [13] і якій у 2016 р. виконується 70 років. Всі ці класифікації схематизують циркуляцію атмосфери, відкидаючи дрібні деталі баричного поля, що спрощує опис синоптичних процесів. Методи статистичного кластерного аналізу використовуються при створенні формальної класифікації [22], близької по фізичному змісту до класифікації Дзердзеєвського. Як відмічають автори формальної класифікації, 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.

Нагадаємо [13], що 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 гребенів. Так звані елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ) розрізняються по числу та географічному положенню улоговин і гребенів у полі тиску середньої тропосфери і положенню траєкторій приземних баричних утворень. Число ЕЦМ, введених Дзердзеєвським, дорівнює 13. Незначні зміщення улоговин і гребенів 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.

Календар послідовної зміни ЕЦМ за 1899-2008 рр. представлений в [13], а з 2008 по 2014 рр. на сайті www.atmospheric-circulation.ru. Класифікація та календар є найбільш детальними і тривалими у порівнянні з іншими класифікаціями.

3. ОПИС ОБ'ЄКТА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даного дослідження є аналіз взаємодії великомасштабної циркуляції атмосфери з несприятливими погодними умовами у Північно-Західному Причорномор'ї, які проявляються як сильний та дуже сильний вітер. У роботі використано інформацію з архіву АРМсин: приземні карти погоди, карти баричної топографії АТ-850, АТ-500, телеграми штормових сповіщень. Дослідження проводились за холодні сезони (жовтень-березень) 2011-2014 рр. з метою виключення шквалистих посилень вітру, обумовлених розвитком конвекції, які виникають переважно у теплу пору року. Таким чином, до розгляду брались лише випадки градієнтних вітрів, які спостерігались по території півдня України повсюдно; посилення вітру місцями не враховувалось.

4. ОПИС ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Відомо [23, 24], що вплив штормових вітрів є значним для функціонування народногосподарського комплексу регіону Північно-Західного Причорномор'я. Для дослідження цього впливу відібрано п'ятдесят сім випадків посилення вітру до критерію сильного $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ та дуже сильного $\geq 25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ по території Одеської області, починаючи з жовтня по березень 2011 – 2014 років.

Основним фактором зміни швидкості вітру в холодну пору року є зміна баричного градієнту. За вказаний період зафіксовано 4 випадки посилення вітру до $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ та більше: 07.02.2012 р., 08.02.2012 р., 03.12.2012 р. та 23.03.2013 р. (табл. 1). У табл. 1 представлені дані по району, де більша частина станцій зареєструвала швидкості $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Слід зазначити, що під впливом штормових вітрів перебували виключно південні райони області, особливо станції, що знаходяться на узбережжі моря та лиманів (Білгород-Дністровський, Усть-Дунайськ, порт Південний, Паромна Переправа). Досить нерівномірно розподілились сильні вітри від сезону до сезону за роками. Так, у холодний сезон 2011-12 рр. зафіксовано 19 випадків небезпечних вітрів, 2012-13 рр. – 23 випадки та 2013-14 рр. – лише 15 випадків. Найбільш часто сильний вітер дме з північного сходу, півночі та північного заходу. Ці напрямки характерні для переміщення циклонічних вихорів з південного заходу, коли в зоні впливу теплового фронту посилюється вітер північно-східний, а після проходження холодного фронту – північно-західний та північний. На противагу цим напрямкам вітри південні, південно-західні та західні спостерігаються значно рідше. Дуже сильні вітри 07-08.02.2012 р. мали північно-східний напрямок, 23.03.2013 р. – північно-західний, а 03.12.2012 р. напрямок змінюється від 120 до 350 градусів.

Для визначення характеру макромасштабних синоптичних процесів, що зумовлюють виникнення штормових вітрів у регіоні Північно-Західного Причорномор'я, скористаємось типізацією А.Л. Каца [16-18]. За (1-2) розраховуються індекси зональної та меридіональної циркуляції та при співвідношенні меридіонального індексу до зонального отримуємо індекс загальної циркуляції (3):

$$I_z = \frac{\sum_1^6 (n_z - n_c) \cdot b}{6 \cdot 3,5}, \quad (1)$$

де n_z – число перетинів ізогіпсами меридіанів між 35 та 70° півн.ш., які направлені з заходу на схід; n_c – число перетинів меридіанів, які направлені зі сходу на захід; b – коефіцієнт, який дорівнює 4 гп. дам на карті АТ-500 гПа;

$$I_M = \left[\frac{n_{45} \cdot \frac{1}{\cos 45}}{120} + \frac{n_{55} \cdot \frac{1}{\cos 55}}{120} + \frac{n_{65} \cdot \frac{1}{\cos 65}}{120} \right] \cdot \frac{b}{3}, \quad (2)$$

де $n_{45, 55, 65}$ – число перетинів ізогіпсами цих

паралелей, незалежно від їх напрямку;

$$I_{zag} = I_M / I_z, \quad (3)$$

де I_M та I_z – індекси меридіональної та зональної циркуляції відповідно. Якщо $I_{zag} \geq 0,75$, то циркуляція вважається меридіональною.

Відомо [18], що для зонального (зон) типу циркуляції характерна широтна орієнтація ізогіпс на карті АТ-500, а меридіональний (м) тип циркуляції поділяється на 4 форми: західна (зах), східна (сх), центральна (ц) та змішана (зм), які значно відрізняються між собою територіальним розміщенням висотних гребенів та улоговин. Для визначення типу циркуляції, яка визначає характеристики погоди над Україною, розрахунки проводились для першого сектору помірної зони – Атлантико-Європейського, який знаходиться в межах від 20° зах.д. до 80° сх.д. та від 35° до 70° півн.ш. Результати розрахунків представлені в табл. 1.

Як і слід було очікувати, сильний вітер над півднем України в основному відмічався при меридіональному типі циркуляції атмосфери ($77,2\%$), на зональний тип циркуляції доводиться $22,8\%$ від загальної кількості. Меридіональний тип циркуляції, в свою чергу, здебільшого представлений змішаною ($24,6\%$) та західною ($22,8\%$) формами. Дещо рідше спостерігалась центральна форма циркуляції ($17,5\%$) та східна ($12,3\%$). Всі випадки посилення вітру до $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ та більше пов'язані виключно з меридіональною циркуляцією різних форм. Число індексу коливається від $0,76$ до $2,11$. Таким чином можна вважати, що меридіональний характер циркуляції атмосфери створює сприятливі умови для посилень вітру у Північно-Західному Причорномор'ї до критерію сильного та дуже сильного.

Досліджуючи вплив баричних об'єктів на формування сильного та дуже сильного вітру, виділено основні типи синоптичних ситуацій, які спричиняли штормові умови у Північно-Західному Причорномор'ї (табл. 2). Посилення вітру до $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ та більше протягом холодних сезонів 2011-14 рр. пов'язано з виходом південних циклонів. Загальною ознакою механізму виникнення південних циклонів є меридіональний характер макроциркуляційних процесів, які впливають на формування сприятливих для місцевого циклогенезу термодинамічних умов. Слід зазначити, що всі розглянуті випадки характеризувались надзвичайно близьким розміщенням системи арктичного фронту до системи полярного, що призвело до посилення активності циклонічних вихорів.

Таблиця 1 - Каталог індексів, типів і форм циркуляції, типів ЕЦМ, підтипів синоптичних процесів та V_{\max} . Холодне півріччя. 2011-2014 рр.

Дата	Циркуляція			Тип ЕЦМ	Підтип синоптичного процесу	Вітер	
	індекс	тип	форма			V_{\max} , м·с ⁻¹	ff, град
16.10.2011	1,16	м	зм	12а	5.1	16	20
17.10.2011	0,79	м	зах	12а	5.1	20	30
28.11.2011	0,48	зон		8гз	6.2	18	340
25.01.2012	1,30	м	зм	11б	6.1	21	45
30.01.2012	3,01	м	ц	13з	5.2	22	360
06.02.2012	1,45	м	ц	11в	6.1	17	90
07.02.2012	1,71	м	ц	11в	6.1	25	70
08.02.2012	2,11	м	зах	11в	5.2	26	50
25.02.2012	0,70	зон		11а	6.3	22	270
03.03.2012	1,32	м	зм	12а	6.2	20	350
04.03.2012	0,97	м	зах	12а	6.2	20	340
15.03.2012	1,18	м	зах	8гз	6.2	16	340
25.03.2012	1,08	м	зах	12а	6.2	17	200
26.03.2012	0,98	м	зах	12а	6.2	21	360
29.03.2012	0,95	м	зах	13з	6.2	21	330
27.10.2012	0,80	м	ц	12бз	6.1	17	180
01.11.2012	1,10	м	сх	12а	6.1	20	120
29.11.2012	1,03	м	ц	12а	6.1	17	180
03.12.2012	0,77	м	зм	12а	6.4	27	180
06.12.2012	0,75	м	сх	12а	6.3	19	330
09.12.2012	1,50	м	зм	11а	6.4	21	90
12.12.2012	2,85	м	зм	13з	6.4	22	80
15.12.2012	1,53	м	ц	13з	5.2	19	90
18.12.2012	0,74	зон		13з	5.2	20	10
19.12.2012	1,02	м	зм	12вз	5.2	20	10
20.12.2012	0,99	м	зм	12а	6.1	20	10
08.01.2013	0,95	м	зм	5а	6.2	22	340
25.01.2013	0,55	зон		12бз	5.2	17	30
14.02.2013	1,05	м	зм	12вз	5.2	20	50
06.03.2013	0,65	зон		12а	5.1	19	180
15.03.2013	0,35	зон		12бз	6.1	22	180
23.03.2013	0,76	м	зм	12бз	6.2	25	340
01.10.2013	1,11	м	зах	13з	5.1	20	60
19.10.2013	0,67	зон		8бз	5.1	16	270
25.11.2013	0,77	м	сх	12а	6.4	20	260
02.12.2013	0,59	зон		11г	6.2	20	340
06.12.2013	0,72	зон		12а	6.3	20	220
09.12.2013	0,94	м	сх	12вз	6.2	22	330
10.12.2013	1,39	м	зах	12а	6.2	22	320
12.01.2014	0,91	м	зах	5а	6.2	20	320
13.01.2014	1,11	м	сх	5в	6.2	18	270
26.01.2014	0,55	зон		11в	6.4	20	40
29.01.2014	1,13	м	ц	11в	6.1	20	50

Південні циклони найчастіше обумовлювали також сильний вітер (19 випадків), причому тип

циркуляції атмосфери у 14 випадках був меридіональний, а у 5 – зональний. Пірнаючі

циклони з району Скандинавії 14 разів спричиняли посилення вітру до штормових значень. Переміщення західних циклонів лише два рази супроводжувалось сильним вітром. Зона взаємодії циклону та антициклону різної географічної локалізації також суттєво впливала на формування сильних вітрів. Найчастіше це були блокуючі антициклони зі сходу – 11 випадків (як арктичного, так і сибірського антициклону). В 6 випадках спостерігається протилежна картина, коли антициклон розміщується над Західною Європою, а циклон на сході (переважно над Поволжям) та 5 випадків, коли антициклон знаходився на півночі, а циклон на півдні. Таким чином, периферійні процеси є надзвичайно важливими при прогнозі штормових вітрів у Північно-Західному Причорномор'ї.

У табл. 2 представлені всі випадки сильного вітру, які спостерігались на півдні України в холодний сезон 2011-2014 рр. у відповідній групі циркуляційних умов по Кацу, Дзердзевському або класифікації синоптичних процесів, розробленій на кафедрі [8-12].

Сильний вітер утворюється при синоптичних процесах, віднесених до 5 і 6 типу класифікації. Тип 5 – це периферійні атмосферні процеси з атмосферними фронтами. 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 – 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. Сильний і дуже сильний вітер над півднем України відмічається при 6 типах (13 підтипах) ЕЦМ та 2 типах (6 підтипах) кафедральної класифікації. Найбільша повторюваність сильного вітру (10,5%) доводиться на поєднання 12а і 6.2 при

меридіональному типі циркуляції по Кацу. Саме ЕЦМ 12а забезпечує 18 із 57 розглянутих випадків, у тому числі максимальну швидкість ($27 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) вітру в регіоні 03.12.2012 р., коли 11 станцій регіону фіксували швидкість $\geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Напрямок вітру на досліджуваній території змінювався по станціях від 170° (порт Південний) до 350° (Болград); проходив атмосферний фронт з хвилями (підтип 6.4). Також часто спостерігався сильний вітер при ЕЦМ 13з, переважно при меридіональних процесах, тобто при переміщенні південних циклонів.

Розглянемо одну із типових синоптичних ситуацій, яку формує тип ЕЦМ-11 і підтипи 5.2, 6.1. Так, 26-29 січня 2014 р. несприятливі погодні умови в Азово-Чорноморському басейні та на прилеглих територіях зумовлювала взаємодія гребеня північно-західного антициклону з максимальним тиском у центрі 1053 гПа, який зміщувався з Прибалтики в район Москви, та уловини південного циклону з мінімальним тиском 997 гПа, що виник на хвилі полярного фронту над Італією і зміщувався на східну акваторію Чорного моря (рисунок). Падіння тиску в передній частині циклону вздовж узбережжя Турції становило 1,1-1,6 гПа/3 год, зростання тиску в тилівій частині в районі протоки Дарданели досягало 6,7 гПа/3 год (за даними 09 (11) год 29.01.2014 р.).

Приземному циклону на карті АТ-850 відповідав висотний, окреслений однією замкнутою ізогіпсою 132 дам над північними районами Егейського моря, на АТ-700 – висотна улоговина, вісь якої була орієнтована від Британських островів через Центральну Європу на Балкани. Контрасти температури у висотній фронтальній зоні над Азовським морем на карті ОТ500/1000 становили близько 8-10 дам/1000 км. По передній частині циклону на південно-східні райони Чорного моря поширилась адвекція тепла зі східних районів Середземного моря, температура повітря над турецьким та кавказьким узбережжям Чорного моря за 18 (20) год 29 січня становила 14...18 °С, тоді як над Азовським морем знизилась до 9...14 °С. Циклон за добу перемістився з Мармурового моря на східні райони Чорного моря, при цьому тиск у центрі зріс до 1010 гПа.

Наявність блокуючого антициклону підтримувала значний баричний градієнт біля земної поверхні над Азовським морем (близько 5 гПа/111 км). Значні термічний та баричний градієнти сприяли посиленню північно-східного вітру до критерію стихійного гідрометеорологічного явища. На акваторії морів швидкість вітру

сягала 15...24 м·с⁻¹, в Генічеську, Бердянську та Маріуполі – 25...28 м·с⁻¹. Поєднання вітру з сильним снігом призвело до сильної хуртовини. Посилення вітру супроводжувалось небезпечни-

ми льодовими та згінно-нагінними явищами, швидким обмерзання суден.

Таблиця 2 - Поєднання повторюваності (%) ЕЦМ та підтипів синоптичних процесів з індексами Каца і V_{max}. Холодне півріччя 2011-2014 рр.

Тип ЕЦМ	Підтипи синоптичних процесів					
	5.1	5.2	6.1	6.2	6.3	6.4
5 а, 5 в				5,3 0,95 м зм 0,91 м зах 1,11 м сх 22		
6		3,5 0,76 м зах 0,79 м сх 16				
8 бз, 8 гз	1,7 0,67 м зон 16			3,5 0,48 зон 1,18 м зах 18		
11 а, 11 б, 11 в, 11 г		3,5 1,64 м зм 2,11 м зах 26	7,0 1,30 м зм 1,45 м ц 1,71 м ц 1,13 м ц 25	1,7 0,59 зон 20	3,5 0,70 зон 0,97 м зм 22	5,3 1,50 м зм 0,55 зон 0,99 м ц 21
12 а	5,3 1,16 м зм 0,79 м зах 0,65 зон 20		5,3 1,10 м ц 1,03 м ц 0,99 м зм 20	10,5 1,32 м зм 0,97 м зах 1,08 м зах 0,98 м зах 1,39 м зах 22	5,3 0,97 м сх 0,75 м сх 0,72 зон 20	5,3 0,77 м зм 0,60 зон 0,77 м сх 27
12 бз		3,5 1,29 м ц 0,55 зон 20	3,5 0,80 м ц 0,95 зон 22	1,8 0,76 м зм 25	1,8 0,76 м зм 16	
12 вз		5,3 1,02 м зм 1,05 м зм 0,53 зон 20	1,7 1,16 м зах 16	1,8 0,94 м сх 22		
13 з	3,5 0,82 м зах 1,11 м зах 20	7,0 3,01 м ц 1,53 м ц 1,12 м ц 0,74 зон 22		1,8 0,95 м зах 21		1,8 2,85 м зм 22

Примітка: в кожній клітинці зліва – повторюваність (%), праворуч зверху – індекси циркуляції Каца і значення V_{max}, м·с⁻¹ (внизу).

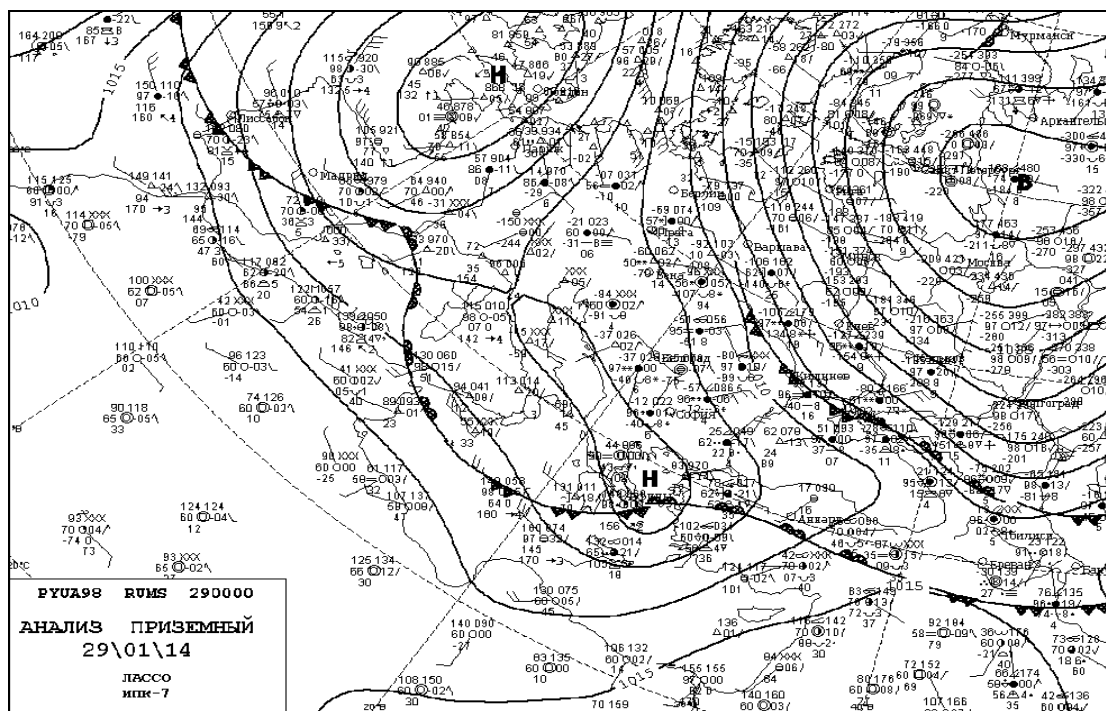


Рисунок - Аналіз приземний за 29.01.2014 р., 00 ВСЧ.

СГЯ завдало збитків портам та підприємствам морської галузі, розташованим на узбережжі Азовського моря: припинялись вантажні операції та судноплавство, були пошкоджені лінії електропередач [2].

5. ВИСНОВКИ

В результаті дослідження особливостей структури макроциркуляційних процесів у тропосфері над Україною з використанням індексів циркуляції Каца, класифікації циркуляційних механізмів по Б.Л. Дзердзевському та типізації синоптичних процесів встановлено наступне:

1. При дослідженні умов формування сильного вітру у холодні сезони по півдню України виявлено, що сильні та дуже сильні вітри найчастіше спостерігаються у південних та центральних районах Одеської області, особливо на станціях, що знаходяться на узбережжі морів та лиманів (Білгород-Дністровський, Усть-Дунайськ, порт Південний, Паромна Переправа).

2. Меридіональний характер циркуляції атмосфери (77,2%) створює сприятливі умови для посилення вітру у Північно-Західному Причорномор'ї до критерію сильного та дуже сильного, на зональний тип циркуляції доводиться 22,8% від загальної кількості. Меридіональний тип циркуляції представле-

ний переважно змішаною (24,6%) та західною (22,8%) формами.

3. Виділено основні типи синоптичних ситуацій (5, 6) по типізації Каца, які спричиняли сильні вітри. Найчастіше сильний вітер спостерігався при переміщенні циклонічних вихорів з півдня (тип ЕЦМ 12а, 13з) та в зоні взаємодії між антициклонами і циклонами. Всі чотири випадки посилення вітру до критерію дуже сильних пов'язані з переміщенням південних циклонів.

Висновки носять попередній характер і потребують підтвердження на більш об'ємному статистичному матеріалі

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воскресенская Е.Н. Классификация синоптических процессов штормов в Азово-Черноморском бассейне / Е.Н. Воскресенская, В.А. Наумова, М.П. Евстигнеев, В.П. Евстигнеев // Тр. УкрНИГМИ. - 2009. - Вып. 258. - С. 189-200.
2. Савтер Л.А. Стихийні гідрометеорологічні явища, що спостерігались на акваторії Чорного та Азовського морів в 2014 р. / Л.А. Савтер // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. - 2014. - № 2(17). - С. 13-16.
3. Івус Г.П. Характеристика сучасного вітрового режиму у північному Причорномор'ї / Г.П. Івус, А.Б. Семергей-Чумаченко, Л.М. Гурська, М.В. Бородкіна, Д.С. Черней // Зб. статей за матеріалами студентської наук. конф. ОДЕКУ 14-17 квітня 2009. - Одеса:ОДЕКУ. - 2009. - С. 15-20.
4. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. - Київ, Держав-

- ний комітет України з гідрометеорології. - 2004. - 31 с.
5. Івус Г.П. Коротка характеристика вітрового режиму півдня Одеської області у 2005-2013 рр. / Г.П. Івус, А.Б. Семергей-Чумаченко, О.В. Замфіров // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. - 2014. - № 2(17). - С. 73-80.
 6. Івус Г.П. До проблеми типізації синоптичних процесів над півднем України в сучасних умовах / Г.П. Івус, А.Б. Семергей-Чумаченко, Е.В. Агайар // Причорноморський екологічний бюлетень. - 2009. - № 2(32). - С. 25-33.
 7. Івус Г.П. Статистичні характеристики швидкості вітру над Сходом України у січні в епоху кліматичних змін / Г.П. Івус, А.Б. Семергей-Чумаченко, С.О. Зубкович // Фізична географія та геоморфологія. - 2009. - Вип. 57. - С. 23-28.
 8. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди [підручник] / Г.П. Івус. - Одеса: ТЕС, 2012. - 407 с.
 9. Івус Г.П., Агайар Е.В., Гурська Л.М., Зубкович С.О. До питання про типізацію синоптичних процесів над територією України / Г.П. Івус, Е.В. Агайар, Л.М. Гурська, С.О. Зубкович // Вісник ОДЕКУ. - 2015. - Вип. 19. - С. 41-47.
 10. Ivus G.P., Zubkovych S.O., Khomenko G.V., Kovallkov I.A. Conditions of formation of dangerous wind zones on the territory of Ukraine. *European Applied Science, Europaische Fachhochschule*, 2014, Ed. 10, pp. 59-64.
 11. Івус Г.П. Вплив циркуляції атмосфери на погодні умови Північно-Західного Причорномор'я / Г.П. Івус, Л.М. Гурська, А.В. Плужніченко // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. - 2014. - № 2(17). - С. 80-87.
 12. Ivus G.P., Zubkovych S.O., Agayar E.V., Hurska L.M. To the question about typification of synoptic processed over territory of Ukraine. *International Journal of Research In Earth and Environmental Sciences*, 2015, vol. 03, № 1, pp. 21-27.
 13. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Н.К. Кононова // отв. ред. А.Б. Шмакин; Рос. акад. наук, ин-т географии - М.: Воентехиздат, 2009. - 372 с.
 14. Rossby C.-G. et al. Relations between variations in the intensity on the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semipermanent centers of action. *Journal Marine Research*, 1939, vol. 2, pp. 38-55.
 15. Блинова Е.Н. Гидродинамическая теория волн давления, температурных волн и центров действия атмосферы / Е.Н. Блинова // Докл. АН СССР. - 1943. - Т. 39. № 7. - С. 284-287.
 16. Кац А.Л. Об изучении и оценке общей циркуляции атмосферы / А.Л. Кац // Метеорология и гидрология. - 1954. - № 6. - С. 13-18.
 17. Кац А.Л. Индекс циркуляции как показатель зональных и меридиональных синоптических процессов / А.Л. Кац // Метеорология и гидрология. - 1959. - № 5. - С. 3-8.
 18. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы / А.Л. Кац // - Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 270 с.
 19. Петросянц М.А. Крупномасштабное воздействие глобальной циркуляции атмосферы с температурой поверхности экваториальной части Тихого океана / М.А. Петросянц, Д.Ю. Гущина // Метеорология и гидрология. - 1998. - № 5. - С. 5-24.
 20. Гущина Д.Ю. Связь интенсивности циркуляции в циклонах умеренных широт с аномалиями температуры воздуха и осадков / Д.Ю. Гущина, Т.Г. Аракелян, М.А. Петросянц // Метеорология и гидрология. - 2008. - № 11. - С. 5-20.
 21. Дзердзеевский Б.Л. Типовые схемы общей циркуляции атмосферы и индекс циркуляции / Б.Л. Дзердзеевский, А.С. Монин // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. - 1954. - № 6. - С. 562-574.
 22. Золотокрылин А.Н. Сравнение синоптической и формальной классификации крупномасштабной циркуляции атмосферы Северного полушария / А.Н. Золотокрылин, К.В. Коняев, И.Н. Эзау // Метеорология и гидрология. - 1998. - № 2. - С. 34-44.
 23. Наумова В.А. Штормовые волны в Азово-Черноморском бассейне как региональный отклик на крупномасштабные процессы в системе океан-атмосфера / В.А. Наумова, Н.Е. Воскресенская, М.П. Евстигнеев, В.П. Евстигнеев // Мат. конф. «Глобальні та регіональні зміни клімату», Київ, 2010. - С. 43 - 45.
 24. Савтер Л.А. Опис гідрометеорологічних умов, які мали найбільш істотний вплив на виробничу діяльність основних господарських галузей у 2011 році / Л.А. Савтер // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. - 2011. - №2(13). - С. 3-14.

REFERENCES

1. Voskresenskaya E.N. Klassifikatsiya sinopticheskikh protsessov shtormov v Azovo-Chernomorskom baseyne [Classification of synoptic processes for the storms on Azov and Black Sea basin]. *Tr. UkrNIGMI - Proc. UkrSRHMI*, 2009, issue 258, pp. 189-200.
2. Savter L.A. Stykhiyni hidrometeorolohichni yavyschcha, shcho sposterihalys' na akvatorii Chornoho ta Azovskoho moriv u 2014 r. [Severe weather in Azov and Black Sea basin at 2014]. *Vestnik Hidromettsentra Chernogo i Azovskogo morey - Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas*, 2014, no. 2(17), pp. 13-16.
3. Ivus G.P., Semergey-Chumachenko A.B., Hurska L.M., Borodkina M.V., Cherney D.S. Kharakterystyka suchasnoho vitrovoho rezhymu u pivnichnomu Prychornomor'yi [Present wind conditions on the Black Sea]. *Zb. statey za materialamy students'koyi nauk. konf. ODEKU 14-17 kvitnya 2009 - Coll. Articles for science student. Conf. of OSENU 14-17 April 2009*. Odessa: OSENU, 2009, pp. 15-20.
4. *Nastanova po sluzhbi prohnoziv ta poperedzhenn' pro nebezpechni ta stykhiyni yavyschcha pohody* [Guidelines for Service forecasts and warnings of hazardous weather and natural disasters]. Kyiv: The State Committee of Ukraine for Hydrometeorology, 2004. 31 p.
5. Ivus G.P., Semergey-Chumachenko A.B., Zamfirov O.V. Korotka kharakterystyka vitrovoho rezhymu pivdnya Odes'koyi oblasti u 2005-2013 rr. [Brief description of wind conditions on the south of Odessa region in 2005-2013]. *Vestnik Hidromettsentra Chernogo i Azovskogo morey - Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas*, 2014, no. 2(17), pp. 73-80.
6. Ivus G.P., Semergey-Chumachenko A.B., Agayar E.V. Do problemy typizatsiyi synoptychnykh protsesiv nad pivdnem Ukrayiny v suchasnykh umovakh [To the problem of typing synoptic processes over the south of

- Ukraine in modern conditions]. *Prychornomors'kyi ekolohichnyi byulleten' - Black Sea Environmental Bulletin*, 2009, no. 2 (32), pp. 25-33.
7. Ivus G.P., Semerгей-Chumachenko A.B., Zubkovich S.O. Statystychni kharakterystyky shvydkosti vitru nad Skhodom Ukrayiny u sichni v epokhu klimatychnykh zmin [Statistical characteristics of wind speed over Eastern Ukraine in January at the time of climate change]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfologiya - Physical geography and geomorphology*, 2009, vol. 57, pp. 23-28.
 8. Ivus G.P. *Spetsializovani prohnozy pohody* [Specialized weather forecast]. Odessa: TES Publ., 2012, 407 p.
 9. Ivus G.P., Agayar E.V., Hurska L.M., Zubkovich S.O. Do pytannya pro typizatsiyu synoptychnykh protsesiv nad terytoriyeyu Ukrayiny [To the question of typing synoptic processes over the territory of Ukraine]. *Visn. Odes. derž. ekol. univ. – Bulletin of Odessa State Environmental University*, 2015, vol. 19, pp. 41-47.
 10. Ivus G.P., Zubkovych S.O., Khomenko G.V., Kovallkov I.A. Conditions of formation zones of dangerous wind on the territory of Ukraine. *European Applied Science, Europäische Fachhochschule*, 2014, ed. 10, pp. 59-64.
 11. Ivus G.P., Hurska L.M., Pluzhnychenko A.V. Vplyv tsyrkulyatsiyi atmosfery na pohodni umovy Pivnich-no-Zakhidnoho Prychornomor'ya [The influence of atmospheric circulation to weather on Northwestern Black Sea]. *Vestnik Hidromettsentra Chernogo i Azovskogo morey - Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas*, 2014, no. 2(17), pp. 80-87.
 12. Ivus G.P., Zubkovych S.O., Agayar E.V., Hurska L.M. To the question about typification of synoptic processed over territory of Ukraine. *International Journal of Research In Earth and Environmental Sciences*, 2015, vol. 03, no. 1, pp. 21-27.
 13. Kononova N.K. *Klassifikatsiya tsirkulyatsionnykh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu* [Classification circulation mechanisms over the Northern Hemisphere by Dzerdzeevskiy]. Moscow: Voentekhnizdat Publ., 2009, 372 p. (Ed. Shmakin A.B.)
 14. Rossby C.-G. et al. Relations between variations in the intensity on the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semlpermanent centers of action. *Journal Marine Research*, 1939, vol. 2, pp. 38-55.
 15. Blinova E.N. *Gidrodinamicheskaya teoriya voln davleniya, temperaturnykh voln i tsentrov deystviya atmosfery* [The hydrodynamic theory of pressure waves, thermal waves and the centers of action atmosphere]. *Dokl. AN SSSR - Report USSR Academy of Sciences*, 1943, vol. 39, no. 7, pp. 284-287.
 16. Kats A.L. Ob izuchenii i otsenke obshchey tsirkulyatsii atmosfery [About the study and assessment the general circulation of the atmosphere]. *Meteorologiya i gidrologiya - Meteorology and Hydrology*, 1954, no. 6, pp. 13-18.
 17. Kats A.L. Indeks tsirkulyatsii kak pokazatel' zonal'nykh i meridional'nykh sinopticheskikh protsessov [Circulation Index as an indicator of the zonal and meridional synoptic processes]. *Meteorologiya i gidrologiya - Meteorology and Hydrology*, 1959, no. 5, pp. 3-8.
 18. Kats A.L. *Sezonnye izmeneniya obshchey tsirkulyatsii atmosfery i dolgosrochnye prognozy* [Seasonal changes of the general atmosphere circulation and long-term forecasts]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960, 270 p.
 19. Petrosyants M.A., Gushchina D.Yu. Krupnomasshtabnoe vozdeystvie global'noy tsirkulyatsii atmosfery s temperaturoy poverkhnosti ekvatorial'noy chasti Tikhogo okeana [Large-scale impact of the global atmosphere circulation with the surface temperature of the equatorial Pacific]. *Meteorologiya i gidrologiya - Meteorology and Hydrology*, 1998, no. 5, pp. 5-24.
 20. Gushchina D.Yu., Arakelyan T.G., Petrosyants M.A. Svyaz' intensivnosti tsirkulyatsii v tsiklonakh umerennykh shirot s anomaliami temperatury vozdukhha i osadkov [The connection of circulation intensity off-tropical cyclones with anomalies of the air temperature and precipitation]. *Meteorologiya i gidrologiya - Meteorology and Hydrology*, 2008, no. 11, pp. 5-20.
 21. Dzerdzeevskiy B.L., Monin A.S. Tipovye skhemy obshchey tsirkulyatsii atmosfery i indeks tsirkulyatsii [Typical schemes of the general circulation of the atmosphere and the circulation of the index]. *Izv. AN SSSR. Ser. geofiz. - Math. USSR Academy of Sciences. Ser. geophys.*, 1954, no. 6, pp. 562-574.
 22. Zolotokrylin A.N., Konyayev K.V., Ezau I.N. Sravnenie sinopticheskoy i formal'noy klassifikatsii krupnomasshtabnoy tsirkulyatsii atmosfery Severnogo polushariya [Compare odds and synoptic-mal classification of large-scale compass-tion of the atmosphere of the Northern Hemisphere]. *Meteorologiya i gidrologiya - Meteorology and Hydrology*, 1998, no. 2, pp. 34-44.
 23. Naumova V.A., Voskresenskaya N.E., Evstigneev M.P., Evstigneev V.P. Shtormovye volny v Azovo-Chernomorskom bassejne kak regional'nyy otklik na krupnomasshtabnye protsessy v sisteme okean-atmosfera [Storm surges in the Azov-Black Sea Basin as a regional response to large-scale processes in the ocean-atmosphere system]. *Mat. konf. «Hlobal'ni ta rehional'ni zminy klimatu» - Mat. Conf. "Global and regional climate changes"*, Kyiv, 2010, pp. 43 – 45.
 24. Savter L.A. Opys hidrometeorolohichnykh umov, yaki maly naybil'sh istotnyy vplyv na vyrobnychu diyal'nist' osnovnykh hospodars'kykh haluzey u 2011 rotsi [Description of meteorological conditions that have the most significant impact on industrial activity-ness of the main economic sectors in 2011]. *Vestnik Hidromettsentra Chernogo i Azovskogo morey - Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas*, 2011, no. 2(13), pp. 3-14.

CIRCULATION CONDITIONS OF STRONG AND ELEMENTAL WIND OVER SOUTHWESTERN UKRAINE

H.P. Ivus, professor, candidate of sciences, Head of Department

E.V. Agayar, candidate of sciences, associate professor

L.M. Hurska, senior lecturer

A.B. Semergei-Chumachenko, candidate of sciences, associate professor

*Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016, Odessa, Ukraine, hurska.od@gmail.com*

Introduction. Nowadays the problem of storm winds appears to be a very relevant one in those spheres of human activities related to safety of human living, coastal infrastructure, seafaring, aviation etc. One of the conditions for successful forecasting of strong winds is familiarization with wind characteristics of the study area and with synoptic conditions causing them. The below listed results of research form continuation of previous works for search of a better synoptic classification reflecting completeness of macroscale baric processes causing formation of winds, including strong winds, over the South of Ukraine and also providing an opportunity to forecast winds in a more accurate manner.

The purpose of this publication consists in analysis of interaction of large-scale atmospheric circulation with formation of unfavourable weather conditions (strong and very strong winds) on the north-west coast of the Black Sea.

Methods and results. The impact of storm winds is significant for functioning of the national economic complex of the North-Western Black Sea region. In order to investigate this effect there were fifty seven cases of wind amplification up to criterion of strong ≥ 15 m·s⁻¹ and very strong ≥ 25 m·s⁻¹ selected within the Odessa region during the period from October to March in 2011 – 2014.

Indexes of Katz circulation for isobaric surface of 500 hPa were calculated as per the data of synoptic archive for the cases with wind speed of ≥ 15 m·s⁻¹. A more detailed study of the structure of macrocirculation processes under strong winds, except for Katz indexes, is provided by means of classification and calendar of successive change of elementary circulation mechanisms (ECM) in the Northern hemisphere according to Dzerdzeyevskiy B.L. and typification of synoptic processes developed at the Department of Theoretical Meteorology and Meteorological Forecasts of OSENU. It was determined that strong and very strong winds often occur in southern and central regions, particularly at the stations located on the shores of seas and estuaries (Bilgorod-Dnistrovskiy, Ust-Dunaysk, Pivdennyi port). Meridional type of atmospheric circulation (77.2%) creates favourable conditions for wind amplification in the North-Western part of the Black Sea up to the criterion of strong and very strong one, zonal type of circulation constitutes 22.8% from the total number of cases. Meridional type of circulation is mainly represented by mixed and western forms – (24.6%) and (22.8%) respectively. Main types of synoptic situations (5, 6) of Katz typification that used to cause strong winds were revealed. Most frequently strong wind was observed while moving of cyclonic vortexes from the South (ECM type – 12a, 13z) and in the area of cyclones and anticyclones interaction.

Conclusion. It was found that wind speed amplification in the South of Ukraine up to the criteria of strong and very strong one mainly occurs due to the meridional type of atmospheric circulation which is dominated by mixed or western forms of circulation as per Katz typification, ECM type 12a and 13z according to Dzerdzeyevskiy B.L. and types 5 (subtype 5.2) and 6 (all subtypes depending on ECM) as per synoptic typification of OSENU.

Directions for further research should include the following. The conclusions have preliminary character and need confirmation on the basis of bigger scope of statistical data.

Keywords: synoptic processes, elementary circulation mechanisms (ECM), typification of atmospheric circulation, circulation indexes, strong winds forecasting.

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНОГО И СТИХИЙНОГО ВЕТРА НАД ЮЖНЫМ ЗАПАДОМ УКРАИНЫ

Г.П. Ивус, профессор, к.геогр.н., заведующий кафедрой
Э.В. Агайар, к.геогр.н., доцент
Л.М. Гурская, старший преподаватель
А.Б. Семергей-Чумаченко, к.геогр.н., доцент

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, hurska.od@gmail.com*

В статье описываются особенности взаимодействия крупномасштабной циркуляции атмосферы с формированием неблагоприятных погодных условий в холодный период (октябрь-март) 2011-2014 гг. в районе Северо-Западного Причерноморья, которые проявляются как сильный и очень сильный ветер. Для случаев скорости ветра $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ по данным синоптического архива рассчитаны индексы циркуляции Каца для изобарической поверхности 500 гПа. Более детальное исследование структуры макроциркуляционных процессов при сильном ветре, кроме индексов Каца, позволяет получить классификация и календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому и типизация синоптических процессов, разработанная на кафедре теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов ОГЭКУ. Получено, что усиление скорости ветра на юге Украины до критериев сильного и очень сильного, в основном, происходит за счет меридионального характера циркуляции атмосферы. При этом преобладают смешанная или западная формы циркуляции по индексу Каца, тип ЭЦМ 12а и 13з по Дзердзеевскому и типы 5 (подтип 5.2) и 6 (все подтипы в зависимости от ЭЦМ) по синоптической типизации ОГЭКУ.

Ключевые слова: синоптические процессы, элементарные циркуляционные механизмы (ЭЦМ), типизация атмосферной циркуляции, индексы циркуляции, прогноз сильных ветров.

Дата першого подання: 06.06.2016

Дата надходження остаточної версії: 14.06.2016

Дата публікації статті: 04.07.2016