

Характеристика вітрового режиму Лівії за даними реаналізу NCEP / NCAR та метеоспостереженнями

Елліна В. Агайяр , Алі С. Абудавах 

Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна

Реферат

Поля вітру біля поверхні землі формуються взаємодією циркуляційних механізмів з місцевими фізико-географічними і кліматичними характеристиками даного регіону. Успішність реалізації різних погодних моделей залежить від репрезентативності вихідної інформації. У роботі наводяться результати порівняння метеорологічних даних, а саме середньомісячної швидкості та напрямку приземного вітру, з архіву реаналізу NCEP / NCAR, з даними восьмирічних метеорологічних спостережень за період з 2015 по 2019 рр. Враховуючи складність отримання фактичних даних, відсутність на багатьох метеостанціях Лівії безперервних рядів спостережень та наявність незаселених територій, було прийнято рішення проаналізувати найбільш повний фактичний ряд спостережень за останній період і порівняти його з модельними даними реаналізу. Вибрані метеостанції які розташовані в різних географічних регіонах Лівії (Дерна, Зуара, Ефрене, Місурата, Годамес, Ель-Джагубе, Ель-Куфра і Гат). На основі середньомісячних значень компонент швидкості приземного вітру за останні п'ять років виконане дослідження внутрішньорічної структури поля вітру над територією Лівії та побудовані карти вітрового поля за цей період.

Отримані результати порівняння даних реаналізу NCEP / NCAR з даними фактичних спостережень, показали відносно добре узгодження між фактичним і розрахованим вітром. Відзначається, що вітер за даними NCEP дещо слабше ніж за даними спостережень на метеорологічних станціях, ймовірно через складність рельєфу і різноманіття географічних умов навколо станцій.

Аналіз розподілу середньомісячної швидкості вітру по території Лівії виявив збільшення швидкості приземного вітру з південного заходу на північний схід. За даними реаналізу NCEP / NCAR середня швидкість вітру у цьому регіоні не перевищує 4,7 м/с, але за фактичними спостереженнями досягає 6,4 м/с.

Ключові слова

Вітер, статистичні параметри, компоненти вектора швидкості приземного вітру, реаналіз NCEP / NCAR, Лівія

Надійшла до редакції: 6 листопада 2020 / Прийнята: 30 листопада 2020

Characteristics of the wind regime of Libya based on NCEP / NCAR reanalysis data and surface weather observations

Ellina V. Agayar, Ali S. Abudawah

Odessa State Environmental University, 15, Lvivska str., Odessa, 65016, Ukraine

Abstract

The surface wind field are formed by the interaction of general circulation mechanisms with the local physical, geographical and climatic characteristics of the region. The success of the implementation of the different weather models is based on the representativeness of the initial information. The paper presents the results of comparing meteorological data, such as the average monthly speed and direction of the surface wind, from the NCEP / NCAR reanalysis archive with data of surface weather observations for the period from 2015 to 2019. Considering the difficulty of obtaining data, the absence of continuous observations at many meteorological stations in Libya, it was decided to analyze the most complete series of observations for the last period and compare it with the model data of reanalysis. Meteorological stations are located in different geographic regions of Libya (Derna, Zuara, Efren, Misurata, Godames, Jaghub, El-Kufra and Ghat). Based on the monthly average values of the surface wind velocity components for past five years, was done a study of the intrannual structure of the wind field over the territory of Libya and maps of the wind field for this period were constructed.

The obtained results of comparison of the NCEP / NCAR reanalysis data with Surface weather observations showed a relatively good agreement between the observed and calculated wind. Noted that the wind, according to NCEP data, is some weaker than observed at the stations. The main reasons for this are the complexity and diversity of the topography around the stations, as well as the representativeness between gridded data and meteorological measurements.

Analysis of the distribution of the average monthly wind speed over the territory of Libya indicates a tendency for an increase in the surface wind speed from the southwest to the northeast, both as according to the NCEP / NCAR reanalysis data, where the average wind speed doesn't exceed 4.7 m/s, and according to actual observations 6.7 m/s.

Keywords

Wind, statistical parameters, wind components, NCEP/NCAR Reanalysis, Libya

Received: 6 November 2020 / Accepted: 30 November 2020

1. Вступ

Вітровий режим є важливою характеристикою клімату території. На формування режиму вітру можуть дуже впливати такі місцеві чинники як шорсткості підстильної поверхні, орієнтації основних перепон щодо вітрового потоку, утворення локальної вітрової циркуляції та термічна неоднорідність. Різноманітний ландшафт та кліматичні умови Лівії призводять до формування своєрідного регіонального режиму вітру (Ageena, 2013; El-Tantawi, 2005; Mossa, 2005; Babayev et al., 1986). Відсутність сучасних наукових публікацій щодо вітрового режиму Лівії визначає актуальність цього дослідження.

Для успішного моделювання вітрового режиму однією з головних умов є якість вихідної інформації. Дослідження достовірності різних наборів даних є дуже актуальним питанням (Ramon et al., 2019; Belyayev et al., 2018; El' Khadri, Khokhlov, 2017; Fallis, 2015). Проблеми порівняння даних реаналізу NCEP / NCAR з даними метеорологічних спостережень присвячені роботи (Serreze et al., 2000; Kulakov et al., 2013). В результаті проведених досліджень автори (Kulakov et al., 2013) прийшли до висновку, що для таких параметрів, як атмосферний тиск, вітер і температура повітря спостерігається задовільна узгодженість між даними спостережень даними реаналізу NCEP / NCAR, тоді як питома вологість і кількість хмарності некоректно відтворюються даними реаналізу.

Метою цього дослідження є порівняльний аналіз середньомісячної швидкості та напрямку приземного вітру за даними архіву NCEP / NCAR з даними фактичних спостережень на восьми метеорологічних станціях Лівії, через побудову карт поля вітру за

період 2015–2019 рр. Враховуючи складність отримання фактичних даних, відсутність на більшості метеостанцій Лівії рядів безперервних спостережень, прийнято рішення проаналізувати найбільш повний фактичний ряд спостережень за останній період і порівняти його з модельними даними реаналізу. Результат досліджень може визначити коректність використання у майбутньому даних архівів NCEP / NCAR для моделювання атмосферних процесів на території Лівії, при відсутності фактичних метеорологічних спостережень.

2. Матеріали та методи

Для аналізу поля вітру з архіву NCEP / NCAR Reanalysis 1 (Kistler et al., 2001) були обрані щоденні значення зональної і меридіональної компонент швидкості вітру на висоті 10 м за період з 2015 по 2019 рр. Якщо параметри вітру вимірювалися на інших висотах, то його значення перераховувалися на висоту 10 м за логарифмічним профілем швидкості вітру. Для порівняння щоденні дані з архіву NCEP / NCAR були зіставлені з осередненими стандартних восьмистрокових метеорологічних спостережень, виконаних на восьми станціях Лівії, які розташовані в різних географічних регіонах країни (Дерна, Зуара, Ефрене, Місурата, Годамес, Ель-Джагбубе, Ель-Куфра і Гат) (рис. 1). Зважаючи на складну економічну ситуацію на території Лівії та наявність незаселених територій, досить складно було вибрати станції, які були б рівномірно розташовані по території, тому вибір метеорологічних станцій був зумовлений наявністю безперервного ряду спостережень. Для порівняння були обрані



Рис. 1. Карта-схема розташування метеорологічних станцій на території Лівії.

Fig. 1. Schematic map of meteorological stations in Libya.

результати модельних розрахунків у вузлах сітки, що найближче розташовані до метеостанцій.

3. Результати та обговорення

Загалом на всіх станціях за період досліджень було виконано близько 119 000 спостережень. Для аналізу даних розраховані такі статистичні параметри: середнє значення ряду, середня помилка, середньоквадратичне відхилення помилки (СКВ, σ), коефіцієнт взаємної кореляції (r) між даними реаналізу і фактичними спостереженнями з деталізацією по сезонах року.

Згідно з (Kobysheva, 1978), середня помилка (ME) показує, на скільки модельне значення часового ряду є помилковим (1). Величина середньої помилки лежить в межах від $-\infty$ до $+\infty$, найкращим показником середньої помилки прогнозованого ряду вважається величина $ME = 0$:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i) \quad (1)$$

де X_i – прогнозоване (модельне) значення, а Y_i – фактичне значення часового ряду.

Ступінь зв'язку прогностичного та фактичного рядів була визначена за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2)$$

Величина r змінюється в інтервалі від -1 до $+1$. При $r = \pm 1$ є абсолютна (функціональна) кореляція по усіх точках рядів. Випадок, коли $r = 0$ свідчить про відсутність лінійного зв'язку між двома рядами, хоча може спостерігатися нелінійне співвідношення.

Порівняння усереднених даних дозволяє нам зробити ряд припущень. По-перше, очікувалося, вітер за даними NCEP дещо слабше ніж за спостереженнями на станціях (табл. 1).

Практично на всіх восьми станціях спостерігається від'ємне значення середньої помилки і лише на метеостанціях Ефрене, Місурата і Гат фіксувалися позитивні відхилення в весняно-зимовий період з максимумом 1,3 м/с. Найбільш близькі значення СКВ середнього за даними NCEP / NCAR і фактичного рядів мають ряди на ст. Ефрене, Місурата і Гат (0,1). Кореляція даних даних швидкості вітру на станціях і в NCEP / NCAR доволі висока. Так, коефіцієнт кореляції на прибережних метеостанціях незалежно від сезону варіює від 0,31 влітку на станції Зуара, до 0,99 на ст. Дарна і Місурата, навесні та восени. Відмінності статистичних параметрів рядів швидкості вітру на цих метеостанціях ймовірно утворилися під впливом орографії, особливостей форми морського узбережжя та наявності бризової циркуляції. На ст. Ель-Джабубе розбіжність у статистичних параметрах середнього за даними реаналізу і фактичного рядів швидкості вітру має досить суттєві значення ($-1,8$ м/с) можливо через розташування цього пункту у районі зі складним

рельєфом місцевості, де на південь від гір Баркаель-Байда простягається тектонічна впадина, рівень якої місцями знижується до рівня моря, а поблизу кордону з Єгиптом, в оазисі Ель-Джабуб, висотні позначки навіть на кілька метрів нижче рівня моря. На ст. Ель-Куфра дані NCEP / NCAR добре відтворюють річний хід швидкості вітру, що виражено в малих відмінностях СКВ, для рядів середньої швидкості вітру різниця становить 0,1–0,2 м/с. Коефіцієнт кореляції демонструє, що між модельними і фактичними рядами є добрий зв'язок в перехідні сезони (0,87–0,96) та досить слабкий влітку. Розбіжності статистичних параметрів на ст. Гат можна пояснити складною орографією, локальні вітрові циркуляції, де режим швидкості вітру формується під впливом пустель Ідехан-Мурзук.

Різниця в розподілі середньорічної швидкості на пунктах дослідження підтверджує припущення про занижені дані реаналізу (рис. 2), лише на ст. Гат та Місурата обидва набори даних практично однакові.

Порівняння даних реаналізу з фактичними спостереженнями за напрямком вітру показали, що на ст. Дерна відзначається певна асиметрія з переважанням вітру західного напрямку (вектор середньої помилки становить за напрямком 315°), в той час як за даними спостережень превалюють вітри північного напрямку (рис. 3).

На станції Зуара, яка розташована на північно-західному узбережжі Лівії, також відмічається деяка розбіжність в пануючих напрямках, за даними NCEP / NCAR переважає північний вітер, а фактично-східний. Розподіл інших напрямків приблизно однаковий. На станціях Ефрене, Гат, Ель-Куфра і Ель-Джабубе виявилася досить висока кореляція між фактичним і модельним напрямками приземного вітру.

В районі Ель-Джабубе спостерігається практично симетрична роза вітрів, за всіма вихідними даними, що зумовлене розташуванням станції на відкритій місцевості в Лівійській пустелі нижче рівня моря (-2 м).

На метеорологічних станціях Місурата і Гадамес отримане задовільне узгодження модельних і

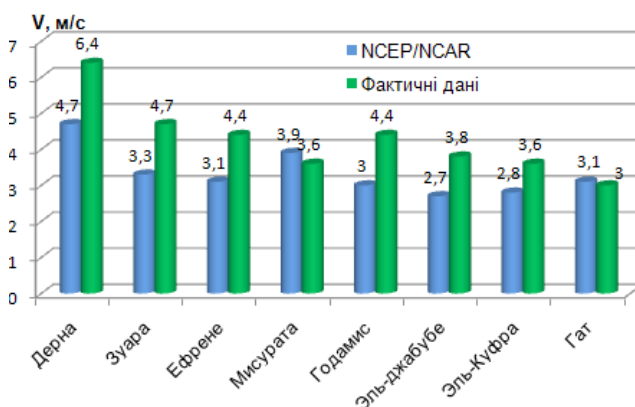


Рис. 2. Середньорічна швидкість вітру у 2015–2019 рр. на метеорологічних станціях Лівії.

Fig. 2. The average annual wind speed in 2015–2019 at the meteorological stations in Libya.

Таблиця 1. Статистичні характеристики рядів спостережень і даних реаналізу NCEP / NCAR для восьми станцій Лівії
Table 1. Statistical characteristics of observation data and NCEP / NCAR reanalysis series for eight Libyan stations

Сезон	Ряди	Статистичні характеристики			
		$V_{сер}$, м/с	ME	σ_x^2	r
Дарна					
зима	NCEP / NCAR	5,9		1,7	
	Фактичні дані	7,2	-1,3	0,7	0,94
весна	NCEP / NCAR	4,5		0,8	
	Фактичні дані	5,4	-0,9	0,3	0,99
літо	NCEP / NCAR	4,3		0,5	
	Фактичні дані	7,1	-2,8	0,1	0,60
осінь	NCEP / NCAR	4,0		0,2	
	Фактичні дані	5,4	-1,4	0,1	0,76
Зуара					
зима	NCEP / NCAR	3,5		0,2	
	Фактичні дані	4,6	-1,1	0,1	0,97
весна	NCEP / NCAR	3,7		0,1	
	Фактичні дані	5,1	-1,4	0,4	0,67
літо	NCEP / NCAR	3,2		0,4	
	Фактичні дані	4,7	-1,5	0,1	0,31
осінь	NCEP / NCAR	2,7		0,0	
	Фактичні дані	4,5	-1,8	0,6	0,99
Ефрене					
зима	NCEP / NCAR	3,4		0,2	
	Фактичні дані	4,7	1,3	0,7	0,82
весна	NCEP / NCAR	3,4		0,1	
	Фактичні дані	4,7	-1,3	0,2	0,85
літо	NCEP / NCAR	3,0		0,1	
	Фактичні дані	4,1	-1,1	0,1	0,92
осінь	NCEP / NCAR	2,7		0,1	
	Фактичні дані	4,5	-1,8	0,3	0,72
Місурата					
зима	NCEP / NCAR	4,8		0,3	
	Фактичні дані	3,9	0,9	0,4	0,44
весна	NCEP / NCAR	4,2		0,1	
	Фактичні дані	4,1	0,1	0,1	0,92
літо	NCEP / NCAR	3,1		0,5	
	Фактичні дані	3,8	-0,7	3,2	0,95
осінь	NCEP / NCAR	3,5		0,2	
	Фактичні дані	3,5	0,0	0,1	0,99
Годамес					
зима	NCEP / NCAR	2,8		0,1	
	Фактичні дані	4,3	-1,5	0,7	0,64
весна	NCEP / NCAR	3,4		0,1	
	Фактичні дані	5,1	-1,7	0,3	0,91
літо	NCEP / NCAR	3,3		0,7	
	Фактичні дані	5,1	-1,7	0,2	0,50
осінь	NCEP / NCAR	2,5		0,1	
	Фактичні дані	4,1	-1,6	0,2	0,87

Таблиця 1. Продовження.
Table 1. Continued.

Сезон	Ряди	Статистичні характеристики			
		$V_{\text{сер}}, \text{ м/с}$	ME	σ_x^2	r
Ель-Джагбубе					
зима	NCEP / NCAR	2,7		0,1	
	Фактичні дані	4,5	-1,8	2,4	0,50
весна	NCEP / NCAR	2,9		0,1	
	Фактичні дані	4,3	-1,4	0,6	0,78
літо	NCEP / NCAR	2,9		0,1	
	Фактичні дані	3,8	-0,9	0,2	0,99
осінь	NCEP / NCAR	2,3		0,1	
	Фактичні дані	3,9	-1,6	0,8	0,99
Ель-Куфра					
зима	NCEP / NCAR	2,5		0,1	
	Фактичні дані	3,5	-1,0	0,3	0,69
весна	NCEP / NCAR	3,1		0,0	
	Фактичні дані	4,0	-0,9	0,4	0,87
літо	NCEP / NCAR	2,9		0,1	
	Фактичні дані	3,9	-1,0	0,2	0,19
осінь	NCEP / NCAR	2,8		0,1	
	Фактичні дані	3,3	-0,5	0,3	0,96
Гат					
зима	NCEP / NCAR	2,9		0,1	
	Фактичні дані	2,4	0,5	0,1	0,14
весна	NCEP / NCAR	3,7		1,4	
	Фактичні дані	3,6	0,1	0,3	0,97
літо	NCEP / NCAR	3,1		0,1	
	Фактичні дані	3,7	-0,6	0,1	0,27
осінь	NCEP / NCAR	2,9		0,1	
	Фактичні дані	3,0	-0,1	1,0	0,46

фактичних румбів, є розбіжності відсотковому співвідношенні їх повторюваності.

Таким чином, деякі відмінності можна пояснити складністю рельєфу і різноманіттям природних умов навколо станцій, а також репрезентативністю між даними в вузлах сітки і метеорологічними спостереженнями. Крім того, всі станції розташовані на різних висотах, а за логарифмічним законом зміни швидкості вітру з висотою в приземному шарі, вітер буде зростати з висотою.

Отже, проведене порівняння не виявило істотних відхилень в розрахунку вітру в NCEP / NCAR, тому цей ресурс можна використовувати в якості вихідних даних при моделюванні атмосферних процесів.

Для наочності побудовані поля вітру для території Лівії, за період дослідження за обома типами даних. Для побудови карт поля швидкості вітру за даними реаналізу використаний масив середньомісячних значень зональної U і меридіональної V компонент вектора швидкості приземного вітру за період з 2015 по 2019 рр, в вузлах сітки з кроком 1,885' за

довготою та 1,935' за широтою. Вихідні значення U та V інтерпольовані в конкретні точки розташування станцій на території Лівії з чотирьох найближчих точок сіткової області. За значеннями в кожному вузлі обчислена швидкість та побудовані карти приземного вітру для кожного місяця. Кольорові області характеризують значення модуля вектора швидкості. Ізотахи (ізолінії швидкості) – дані з кроком 0,5 м/с.

Кarti ізотак отримані осередненням середньомісячних значень U і V за п'ять років. Відомо (Gandin, 1963; Yermeyev et al., 2014), що значення модуля швидкості вітру можна знайти декількома способами. У даній роботі розрахунки проводились за наступним алгоритмом: спочатку усереднюються U_{ij} і V_{ij} , де j – номер року (1,2,3,4,5), а i – номер місяця (1,2...12). Осереднення проводиться за формулами:

$$\bar{U}_l = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N U_{ij} \quad \text{та} \quad \bar{V}_l = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N V_{ij} \quad (3)$$

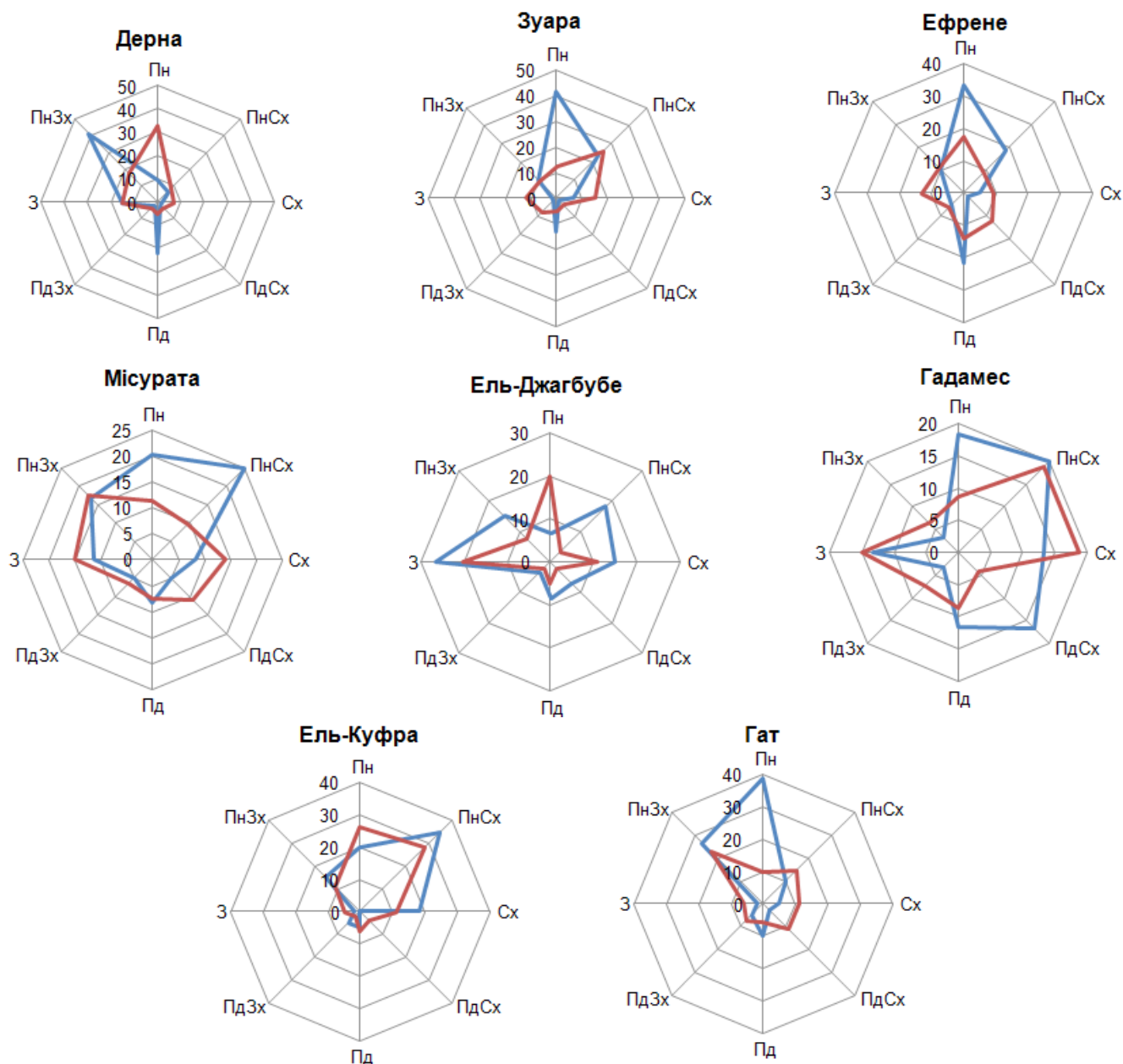


Рис. 3. Розподіл напрямків вітру за період 2015-2019 рр. на метеостанціях Лівії.
Fig. 3. Distribution of wind directions for the period from 2015-2019 at the meteorological stations in Libya.

потім за середнім значенням обчислюємо середньомісячну швидкість вітру:

$$V_{cp} = \sqrt{\overline{U}_i^2 + \overline{V}_i^2} \quad (4)$$

Аналіз розподілу середньомісячної швидкості вітру по території Лівії виявив тенденцію до збільшення швидкості приземного вітру з південного заходу на північний схід. Зони з найбільшими швидкостями розташовані над північно-східним узбережжям країни у приморській зоні Кіренаїки. (рис. 4а та 4б), а також на північно-західному узбережжі в районі Тріполітанія.

Слабкі вітри (2,2–3,5 м/с) спостерігаються протягом року у центральній частині Лівії, де розташовані безплідні і плоскі рівнини нагір'я Ахаггар і Тібесті та специфічний рельєф гамад, тобто система

ярів, що виникла через вітрову ерозію та значною мірою послаблює загальний вітрової потік.

4. Висновки

Порівняння реаналізу NCEP / NCAR та фактичних даних виявило відносно добре узгодження результатів модельних розрахунків параметрів вітру з метеорологічними спостереженнями.

З'ясовано послаблення швидкості вітру за даними реаналізу відносно фактичного приземного вітру через складність і різноманіття рельєфу навколо станцій.

Визначено, що найбільші значення швидкості приземного вітру спостерігаються в районах

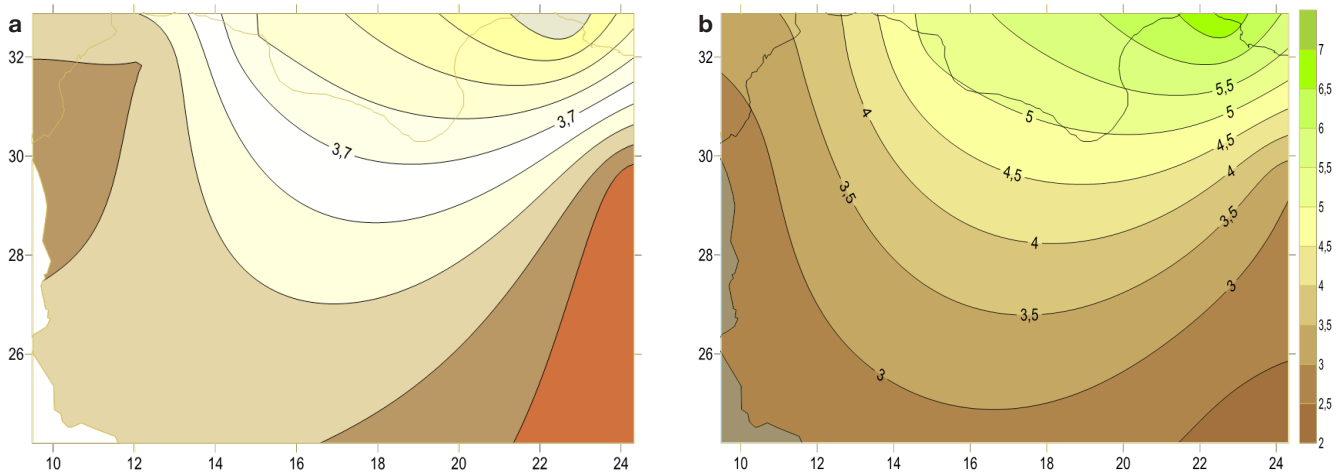



Рис. 4. Карти поля швидкості приземного вітру за реаналізом NCEP\NCAR (a) та за фактичними даними (b) 2015-2019 рр.
Fig. 4. Surface wind speed maps according to the data of NCEP/NCAR reanalysis and meteorological observations 2015-2019.

прибережних зон, особливо біля північно-східного узбережжя Лівії. За даними реаналізу NCEP / NCAR середня швидкість вітру у цьому регіоні не перевищує 4,7 м/с, але за фактичними спостереженнями досягає 6,4 м/с.

Слід зазначити, що далі передбачається порівняння отриманих авторами характеристик вітру з іншими архівами даних реаналізу (ECMWF, ERA5) для виявлення найбільш репрезентативної бази даних, яка відновлює приземний вітер на території Лівії.

ORCID iD

Ellina Agayar  <https://orcid.org/0000-0003-3914-6288>

Ali Abudawah  <https://orcid.org/0000-0002-9147-4994>

Список посилань

- Ageena, I.M. (2013). *Trends and patterns in the climate of Libya 1945-2010*. Department of Geography and Planning, School of Environmental Sciences. University of Liverpool, UK. (PhD Thesis)
- Alsarraf, H., Broeke, M.V.D. (2015). MVD Using the WRF Regional Climate Model to Simulate Future Summertime Wind Speed Changes over the Arabian Peninsula. *J Climatol Weather Forecasting*, 3, 144.
- El-Tantawi, A.M.M. (2005). *Climate change in Libya and desertification of Jifara Plain*. Scholars' Press.
- Babayev, A.G., Zonn, I.S., Drozdov, N.N., Fradkin, Z.G. (1986). *Pustyni*. M.: Mysl. [Бабаев, А.Г., Зонн, И.С., Дроздов, Н.Н., Фрадкин, З.Г. (1986). *Пустыни*. М.: Мысль].
- Belyayev, K.P., Kuleshov, A.A., Smirnov, I.N. (2018). Analiz rezul'tatov modelirovaniya dinamiki okeana s primeneniym razlichnykh metodov usvoeniya dannykh nablyudeniya. *KIAM Preprint*, 37, 17. [Беляев, К.П., Кулешов, А.А., Смирнов, И.Н. (2018). Анализ результатов моделирования динамики океана с применением различных методов усвоения данных наблюдений. *Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша*, 37, 17].
- Gandin, L. S. (1963). *Ob'yektivnyy analiz meteorologicheskikh poley*. Leningrad: Gidrometeoizdat. [Гандин, Л. С. (1963).

Объективный анализ метеорологических полей. Л.: Гидрометеоиздат].

- Dr.Salah.Bashier.Mossa, (2005). *Natural Climate, Modern Academic Office, Alexandria*. (In Arabic).
- Ei' Khadri, Y.U., Khokhlov, V.M. (2017). Veryfikatsiya rezul'tativ regionalnykh klimatichnykh modeley stovosno rezhimu shvydkosti vitru i khmarnosti v Marokko. *Visn. ODEKU*, 22, 61–68. [Ель Хадри, Ю., Хохлов, В.М. (2017). Верификация результатов региональных климатических моделей стосовно режиму швидкості вітру і хмарності в Марокко. *Вісн. ОДЕКУ*, 22, 61–68.]
- Fallis, A. (2015). *Global Wind Statistics 2015*. Brussels: GWEC.
- Kistler, R., Kalnay, E., Collins, W., Saha, S., White, G., Woollen, J., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Kanamitsu, M., Kousky, V., van den Dool, H., Jenne, R., Fiorino, M. (2001). The NCEP-NCAR 50-Years Reanalysis: Monthly Mean CD-ROM and Documentation. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 82, 247–268.
- Kobysheva, N.V., Narovlyanskiy, G.Ya. (1978.) *Klimaticheskaya obrabotka meteorologicheskoy informatsii*. Leningrad: Gidrometeoizdat. [Кобышева, Н.В., Наровлянский, Г.Я. (1978). *Климатическая обработка метеорологической информации*. Л.: Гидрометеоиздат].
- Kulakov, M.Yu., Makshtas, A.P., Shutilin, S.V. (2013). Verifikatsiya dannykh reanaliza NCEP/NCAR po rezul'tatam nablyudeniya na dreifuyushchikh stantsiyakh «Severnuyu polyus». *Problemy Arktiki i Antarktiki*, 1(95). [Кулаков, М.Ю., Макштас, А.П., Шутилин, С.В. (2013). Верификация данных реанализа NCEP/NCAR по результатам наблюдений на дрейфующих станциях «Северный полюс». *Проблемы Арктики и Антарктики*, 1(95)].
- Ramon, J., Lledó, L., Torralba, V., Soret, A., Doblaz-Reyes, F.J. (2019). What global reanalysis best represents near-surface winds? *Q J R Meteorol Soc*, 145, 3236–3251.
- Serreze, M.C., Hurst, C.M. (2000). Representation of mean Arctic precipitation from NCEP-NCAR and ERA reanalyses. *J. Clim.*, 13, 182–201.
- Yeremeyev, V.N., Bukatov, A.Ye., Babiy, M.V, Bukatov, A.A. (2014). Struktura polya prizemnogo vetra nad mirovym okeanom. *Geoinformatika*, 3(51), 67–76. [Еремеев, В.Н., Букатов, А.Е., Бабий, М.В, Букатов, А.А. (2014). Структура поля приземного ветра над мировым океаном. *Геоинформатика*, 3(51), 67–76].