

Шифр: „ЛІВ20А”

## **НАУКОВА РОБОТА**

на тему: «**ВІТРОВИЙ РЕЖИМ ЛІВІЇ**»

## АНОТАЦІЯ

на наукову роботу за темою:

«Вітровий режим Лівії»

Вітер являється однією з основних та мінливих характеристик стану атмосфери, яка значно впливає на роботу гідрометеорологічної служби. З дією вітру пов'язано багато природних процесів та атмосферних явищ. Він є важливим джерелом енергетичних ресурсів території. З посиленням вітру пов'язані шквал, смерч, пилова та піщані бурі. Поля вітру біля поверхні землі формуються взаємодією великомасштабних циркуляційних механізмів з місцевими фізико-географічними і кліматичними характеристиками даного регіону. Різноманітний ландшафт Лівії призводить до формування своєрідного регіонального режиму вітру. Вивченню вітрового режиму Лівії був присвячений ряд наукових робіт [10, 11, 14], але варто повернутися до цього питання, з огляду на сучасні кліматичні зміни

Мета наукової роботи – визначення режиму формування приземного вітру на території Лівії в епоху кліматичних змін.

Завдання наукової роботи – характеристика вітрового режиму на восьми станціях Лівії у період з 2015 по 2019 рр.

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

Особистий внесок автора – створена власна база даних напрямку, середніх і максимальних швидкостей вітру, за період з 2015-2019 рр., яка дозволяє у подальшому провести об'єктивне узагальнення. Визначена динаміка режиму приземного вітру над територією Лівії та виявлені тенденції його зміни протягом періоду дослідження.

Наукова робота в обсязі 32 сторінки складається з вступу, 2 розділів, висновків та переліку посилань літератури з 11 джерел, містить 10 рисунків і 4 таблиці.

Ключові слова: вітер, швидкість, напрямок, режим, гіблі, Лівія

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
1.1 Фізико-географічна характеристика Лівії .....	5
1.2 Клімат Лівії .....	9
1.3 Місцеві вітри.....	15
2 ВІТРОВИЙ РЕЖИМ ЛІВІЇ.....	18
2.1 Аналіз режиму вітру на території Лівії в період 2015-2019 рр .....	18
2.2 Розподіл швидкості вітру за градаціями.....	26
2.3 Просторово-часова мінливість вітру.....	28
ВИСНОВКИ.....	30
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	31

## ВСТУП

Вітровий режим є важливою характеристикою клімату території. Для формування приземного режиму вітру дуже велике значення мають місцеві чинники (вплив шорохуватості підстильної поверхні, орієнтації основних перепон вітрового переносу, створення місцевої циркуляції, обумовленої місцевим термічним режимом), що обумовлюють зміну швидкості і напрямку вітру. Для комплексної характеристики вітру необхідний аналіз як атмосферних факторів так і факторів інших компонентів географічної оболонки (рельєфу ґрунтового і рослинного покриву, тощо).

Актуальність проблеми визначається тим що вітер - одна з основних і мінливих характеристик стану атмосфери, яка значно впливає на умови життя і господарську діяльність, також його можна використовувати як джерело відновлювальної енергії.

Метою наукової роботи є визначення режиму формування приземного вітру на восьми метеорологічних станціях Лівії, розташованих в різних регіонах країни, за період з 2015-2019 рр.

В якості вихідного матеріалу для розрахунку характеристик вітру використані дані метеорологічних спостережень, що містять відомості про кількість випадків різних напрямків і швидкостей вітру та числі штилів. До аналізу залучено восьмістрокові спостереження з архіву інтерактивної бази gr5. [17] за період з 2015-2019 рр. і Atmospheric Science Data Center [12] за 2005-2014 рр.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Фізико-географічна характеристика Лівії

Держава Лівія знаходиться на північному сході Африки. Розташована між  $19^{\circ}$  і  $33^{\circ}$  північної широти і  $9^{\circ}$  та  $26^{\circ}$  східної довготи. Омивається на півночі водами Середземного моря. Загальна площа країни  $1.759.540 \text{ км}^2$ . Загальна протяжність сухопутного кордону -  $4.383 \text{ км}$ . У тому числі з такими країнами як: Алжир -  $982 \text{ км}$ , Чад -  $1.055 \text{ км}$ , Єгипет -  $1.150 \text{ км}$ , Нігер -  $354 \text{ км}$ , Судан -  $383 \text{ км}$ , Туніс -  $459 \text{ км}$ . Берегова лінія країни -  $1.770 \text{ км}$  [2].



Рис. 1.1. Політична карта Лівії [19]

Лівія включає три історичні області - Триполітанію, Киренаїку і Феццан. Адміністративно-територіальний поділ (с 2007 року) - 22 адм. району (провінції, шаабі): Бенгазі (адм. центр - Бенгазі), Ваді-ель-Хаят (Аубарі), Ваді-ель-шати [Брак (Ель-Бірак)], Гат (Гат), Дерна (Дерна), Марзук (Марзук),

Місрата (Місрата), Налут (Налут), Сабха (Сабха), Сурт [Сурт (Сирт)], Тріполі (Тріполі), Ез-Завія (Ез-Завія), Ель-Бутнан (Тобрук), Ель Вахат (Аждабія), Ель-Джеббель-ель-Ахдар (Ель-Байда), Ель-Джеббель-ель-Гарбі (Гарьян), Ель-Джіфара (Ель-Азізія), Ель-Джуфра (Хун), Ель-Куфра (Ель -Куфра), Ель-Маргаб (Хомс), Ель-Мардж (Ель-Мардж), Ен-Нугат-ель-Хумс (Зувара) [2, 4].

У Лівії панують безплідні і плоскі рівнини на північному сході з величезною Лівійською пустелею, західна частина покрита піднесеним плато з пустелями Ідехан-Мурзук на півдні і Аубарі на півночі. Найвища точка - Бікко Бітті (Bikku Bitti) 2.267 м, найнижча - 24 м нижче рівня моря. Населення Лівії в 2006 році було оцінено Генеральним управлінням документації та інформації (GDDI) на рівні 5 323 991 і в 2010 році оцінювався в 6 901 830 осіб з прогнозованим населенням за 2025 рік близько 10 мільйонів чоловік. Орна земля становить 1%, але при величезній території і такій кількості населення достатня для забезпечення країни продовольством. На узбережжі Середземного моря знімають кілька врожаїв на рік [2, 4].

Більше 9/10 території зайнято пустельними і напівпустельними просторами Сахари (на сході під назвою Лівійська пустеля). Плато і рівнини (200-600 м) чергуються улоговинами (до 131 м нижче рівня моря), невисокими (до 1200 м) гірськими масивами і хребтами з вимерлими вулканами (рис. 1.2). Вище піднімаються лише північні відроги нагір'я Тібесті на південному сході та крайньому півдні, де розташована найвища точка лівійської території - пік Бітті (2267 м). Серед мінерально-сировинних багатств виділяються доведені запаси нафти - 4130 млн т і природного газу - 1314 млрд м<sup>3</sup> (на початок 2001, відповідно перші і треті за величиною в Африці). Інші ресурси розвідані слабо. Відомо про запаси залізної руди обсягом близько 5,7 млрд т, магнезійних (загальні запаси 7,5 млн т) і калійних (1,6 млн т) солей, наявність фосфатів, гіпсу та сировини для виробництва цементу, а також про інші мінерали [7, 13].

В геологічному відношенні територія Лівії являє собою частину північного схилу стародавньої Африканської платформи, складеної в В геологічному відношенні територія Лівії являє собою частину північного схилу стародавньої Африканської платформи, складеної в основі докембрійськими кристалічними породами. Виступи цього кристалічного фундаменту оголюються на півдні, в центрі та на південному сході Лівії [4].

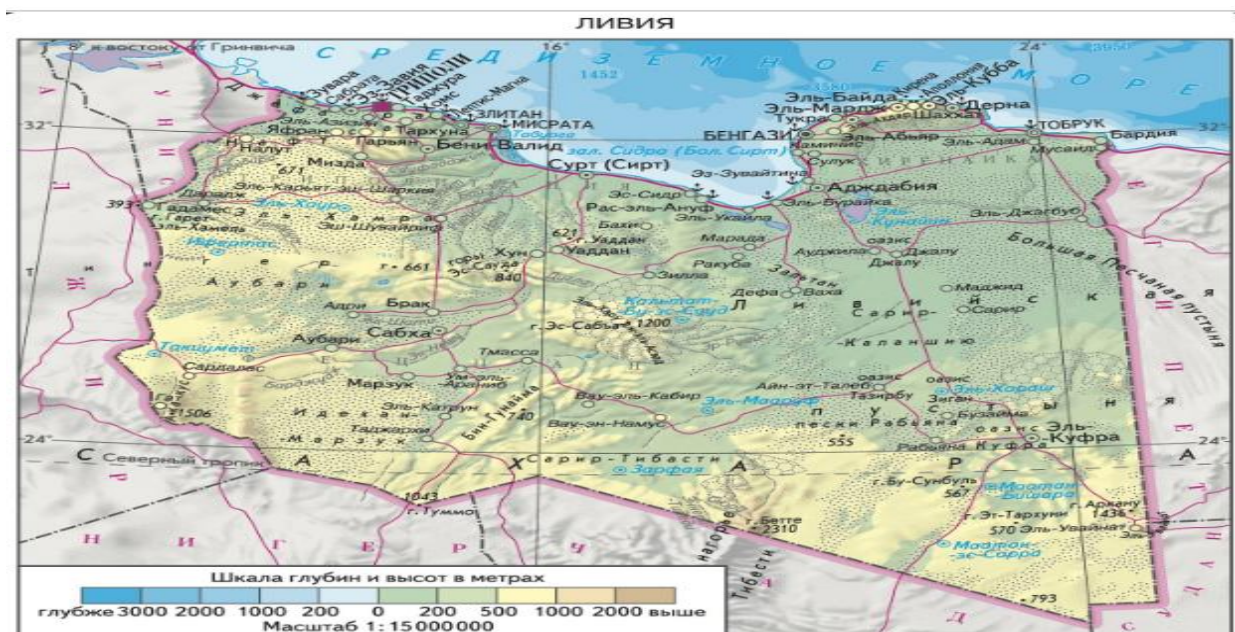


Рис. 1.2. Географічна карта Лівії [20]

Великі впадини стародавнього фундаменту (Ель-Хамра, Мурзук, оазис Куфра, Східно-Лівійська і ін.) заповнені осадковими морськими і континентальними відкладеннями, а з поверхні найчастіше прикриті скупченнями пісків. Центральна частина Лівії пересічена тектонічними розломами, в області яких вулканічні породи виходять на поверхню. Узбережжя Середземного моря також облямовано розломами, а до затоки Сидру з південного сходу примикає величезний розлом - грабен, заповнений вапняками і іншими морськими відкладеннями мезозойської-третинного віку.

Велика частина території країни - плато і рівнини з висотами до 200-600 м, розділені на окремих ділянках обширними низинами. На північному заході, в Триполітанії, виділяється плато Ель-Хамра – складена крейдяними

вапняками кам'яниста пустеля. Північний край плато закінчується уступом Нефуса (висота до 719 м), який круто обривається до прибережної рівнини - продовження туніської низовини Джефара. На півдні це плато різко піднімається над величезними улоговинами Феццан, заповненими гігантськими скупченнями пісків (едейени) - Убара, Мурзук [2, 4]. Піщані гряди досягають тут в довжину десятків і сотень кілометрів, а в висоту 150-200 м. Ці два найбільших піщаних масиву Західної Лівії розділяє вузький і невисокий гірський хребет Амсак-Сеттафед. Західна Лівія відокремлена від східної частини країни окремими гірськими масивами і хребтами: гори Туммо біля кордону з Нігером (1043 м), плато Бен-Гунейма (740 м) і масив Ель-Харудж-ель-Асвад (1200 м) в центрі країни [2, 4].

На півночі Кіренаїки гори Барка-ель-Байда (середні висоти 500-600 м) окреслені біля узбережжя плато Ель-Ахдар (до 878 м). Назва це означає "зелені гори" і виникло тому, що тут найбільш пишна в країні субтропічна рослинність. Природа гір сильно контрастує з навколишньої гори Барка-ель-Байда безводної пустелею [2, 4].

Вся східна частина країни, крім гір Барка-ель-Байда, зайнята суворими пустелями Сахари, зазвичай об'єднуються під назвою Лівійська пустеля. На півночі її простягаються низинні галечниково-щебеністие, майже мертві простору серіри. На сході, біля кордонів з Єгиптом, і на півдні це майже суцільно піщані пустелі. На крайньому півдні, біля кордонів з Чадом, знову з'являються кам'янисті оголені простору серіри, а в відрогах вулканічного нагір'я Тібесті, призахідного в Лівію з Чаду, знаходиться найвища точка країни - древній вулкан Бетте (2267 м).

На південь від гір Барка-ель-Байда простягається тектонічна впадина, рівень якої місцями знижується до рівня моря, а поблизу кордону з Єгиптом, в оазисі Ель-Джагбуб, висотні позначки навіть на кілька метрів нижче рівня моря. У знижених місцях Лівійської пустелі, де можна добувати підземні води навіть самими примітивними засобами, здавна виникли найбільші - оазиси Ель-Джагбуб, Тазербо, Куфра і ін [2, 4].



## 1.2 Клімат Лівії

На узбережжі Лівії клімат середземноморський субтропічний, на півдні - пустельний тропічний з різкими сезонними і добовими коливаннями температур і низькою вологістю повітря (рис. 1.3).

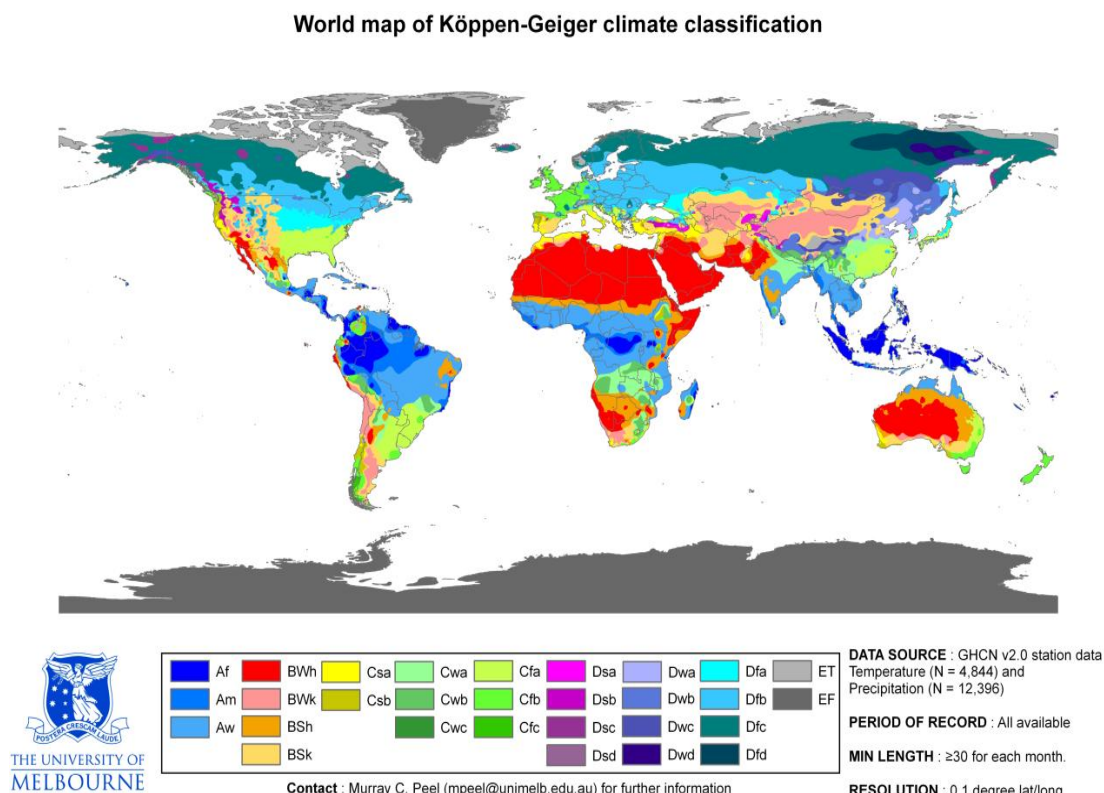


Рис. 1.3. Кліматична карта світу [21]

За даними реаналізу Національного дослідного центру атмосфери і океану США (NOAA Research) [16, 18] середні температури липня - на півночі 27-29 ° С і 32-35 ° на півдні, січня - на півночі 11-12 ° С, на півдні 15-18 ° С (рис.1.4-1.5). Літні температури вдень вище 40-42 ° С, іноді вище 50 ° С.

У 1922 в 80 км на приморській рівнині Джеффара (Тріполітанія) в Ель-Азізії була зафіксована рекордно висока температура 57,8 ° С. Цей температурний рекорд протримався 90 років. У 2012 р комісія ВМО,

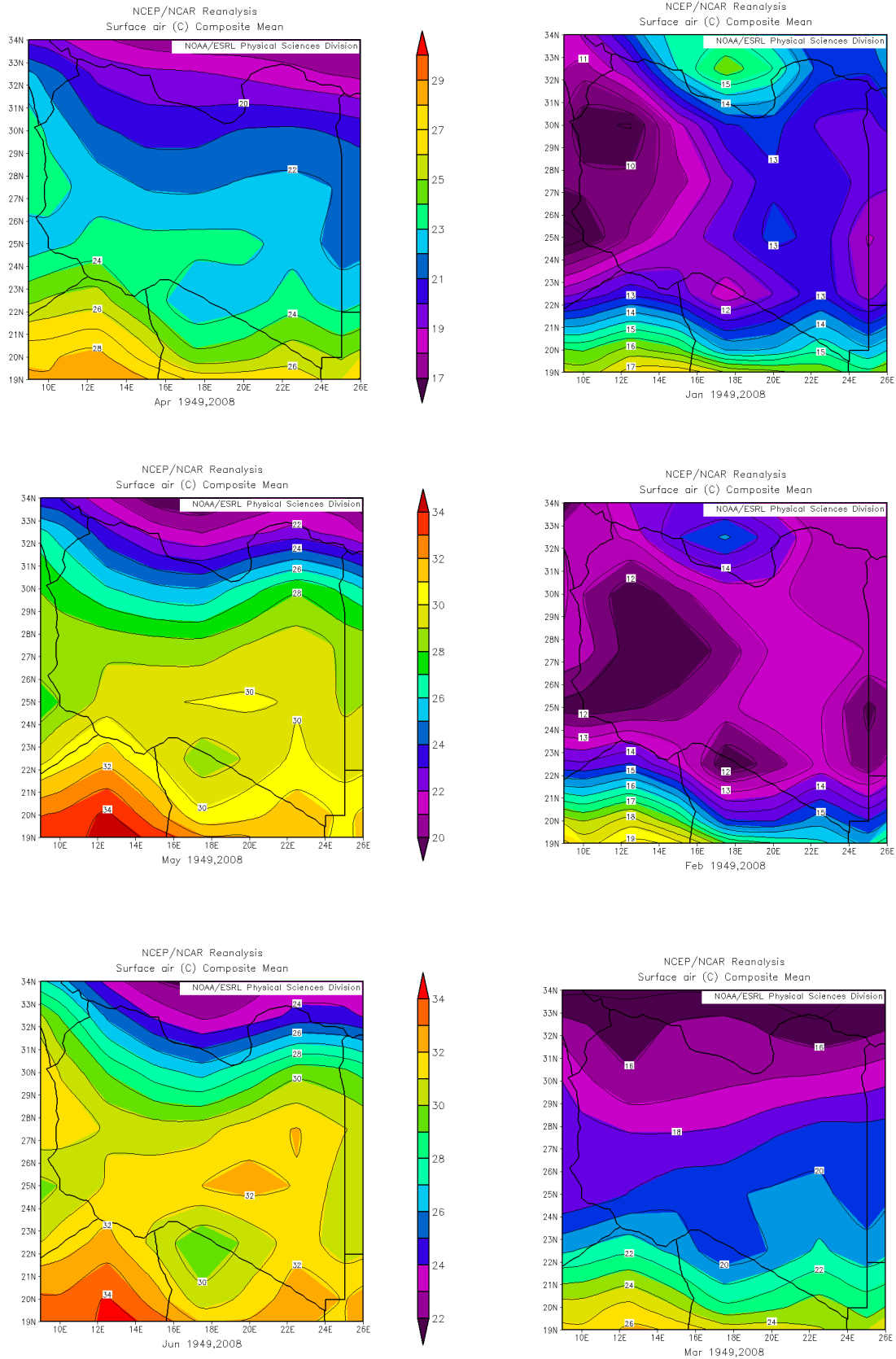


Рис. 1.4. Середньомісячна температура повітря в Лівії за період з 1949- 2008 рр. Січень-червень.

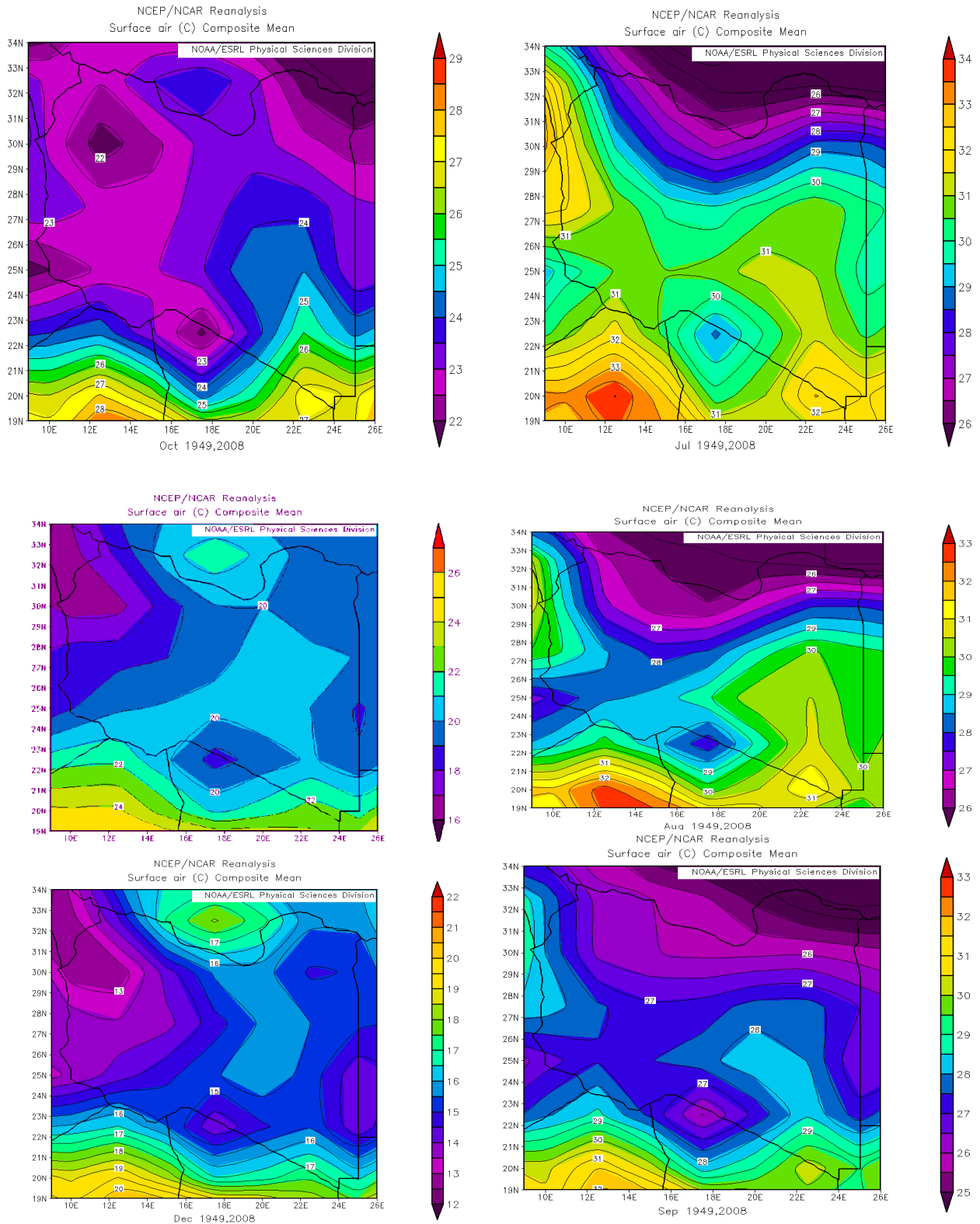


Рис. 1.5. Середньомісячна температура повітря в Лівії за період з 1949- 2008 рр. Липень-грудень.

вважаючи цей результат завищеними, оголосила новий полюс спеки, зафіксований в липні 1913 року в Долині смерті в Каліфорнії. Він дорівнює

56,7 ° С. У прибережних районах країни випадає найбільша кількість опадів. Середня річна кількість опадів в Бенгазі - 250 мм, в Тріполі - 360 мм. Дещо більше опадів випадає в прилеглих горах і на плато Барка-ель-Байда. На решті території знаходяться райони, де випадає менше 150 мм опадів на рік. На узбережжі дощі випадають в зимові місяці, а літо дуже сухе і спекотне, практично без опадів. У пустельних районах нерідко випадає всього 25 мм опадів у рік і часті жаркі сухі вітри з пиловими бурями - гинули і хамсин [2].

У літню пору кліматичний режим в Лівії визначається стійкою зоною високого тиску - відрогом Азорського максимуму, який зміщується з центру Сахари на північ і розташовується над акваторією Середземного моря. Температура повітря в цей період року досягає максимальних значень, понад 30 ° С. Кількість опадів мінімально (з травня по серпень випадає близько 2% річної норми) [2, 4].

В осінньо-зимово-весняний період центр антициклону розташовується над Сахарою і кліматичні умови в прибережній зоні визначаються циклонічної діяльністю висхідних повітряних мас помірних широт. Серії циклонів над Центральною Європою іноді зміщуються на південь, що викликає опади, кількість яких з жовтня по березень в середземноморській зоні Лівії становить 85-90% річної норми з чітко вираженим максимумом в зимові місяці. Внутріконтинентальна пустельна частина Лівії в цей період залишається під впливом антициклону і вітрів південних румбів.

Різкий контраст сезонних кліматичних показників температури і опадів посилюється орографічeskими бар'єрами: нагор'ями Джебель аль-Нефус і Джебель аль-Ахдар піднятими над рівнинною поверхнею на 700-800 м. Середньорічна кількість опадів в приморській зоні Триполітанії коливається від 205.6 мм в п. Аль-Азізія до 329 мм у м Тріполі на узбережжі Середземного моря. У нагор'ях Джебель аль-Нефус і Джебель аль-Ахдар випадає відповідно 338 і 593 мм. За даними NOAA Research [18] середньодобова кількість опадів (рис. 1.6, 1.7) має чітку тенденцію до

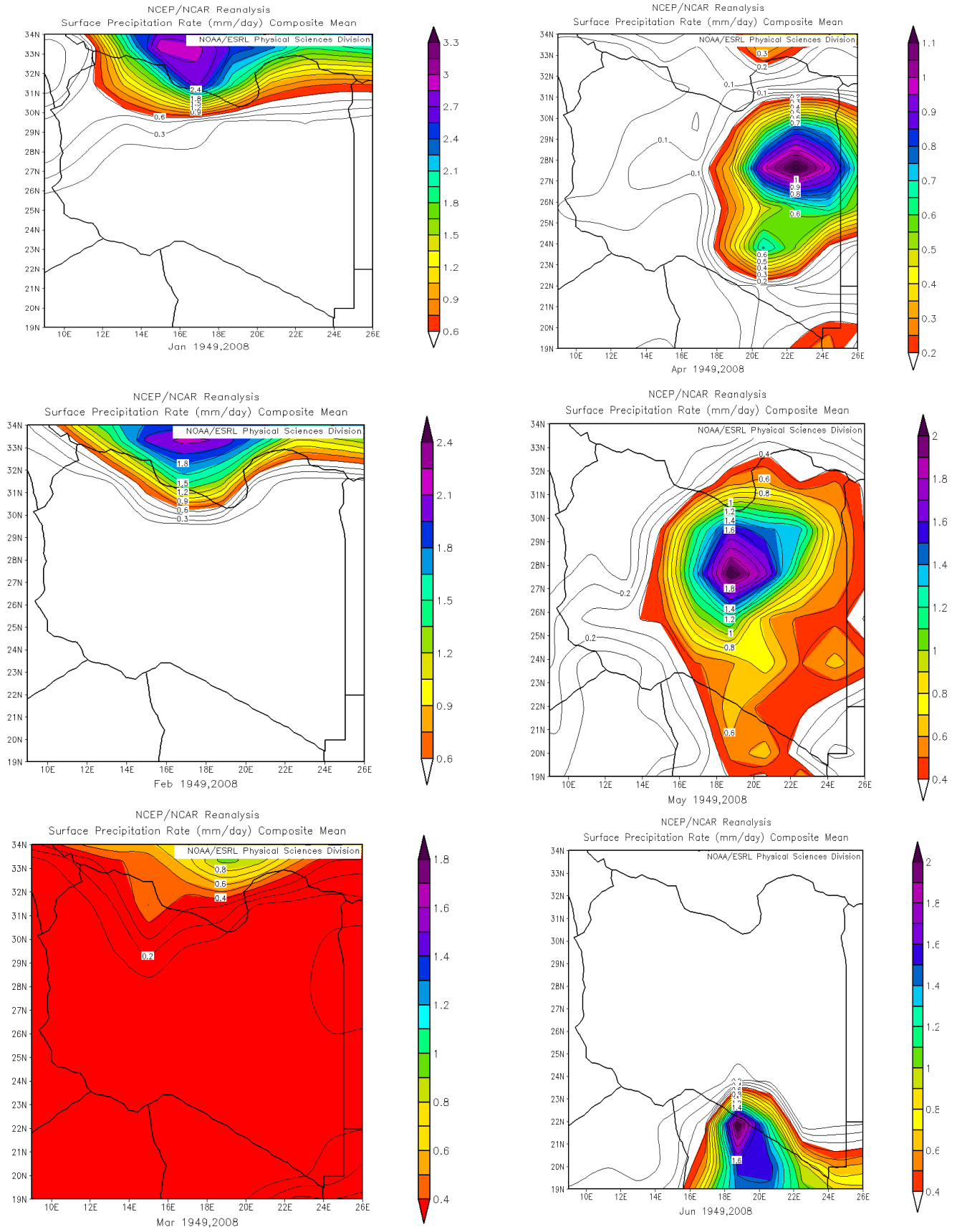


Рис. 1.6. Середньодобова кількість опадів в Лівії за період з 1949- 2008 рр.  
Січень - червень.

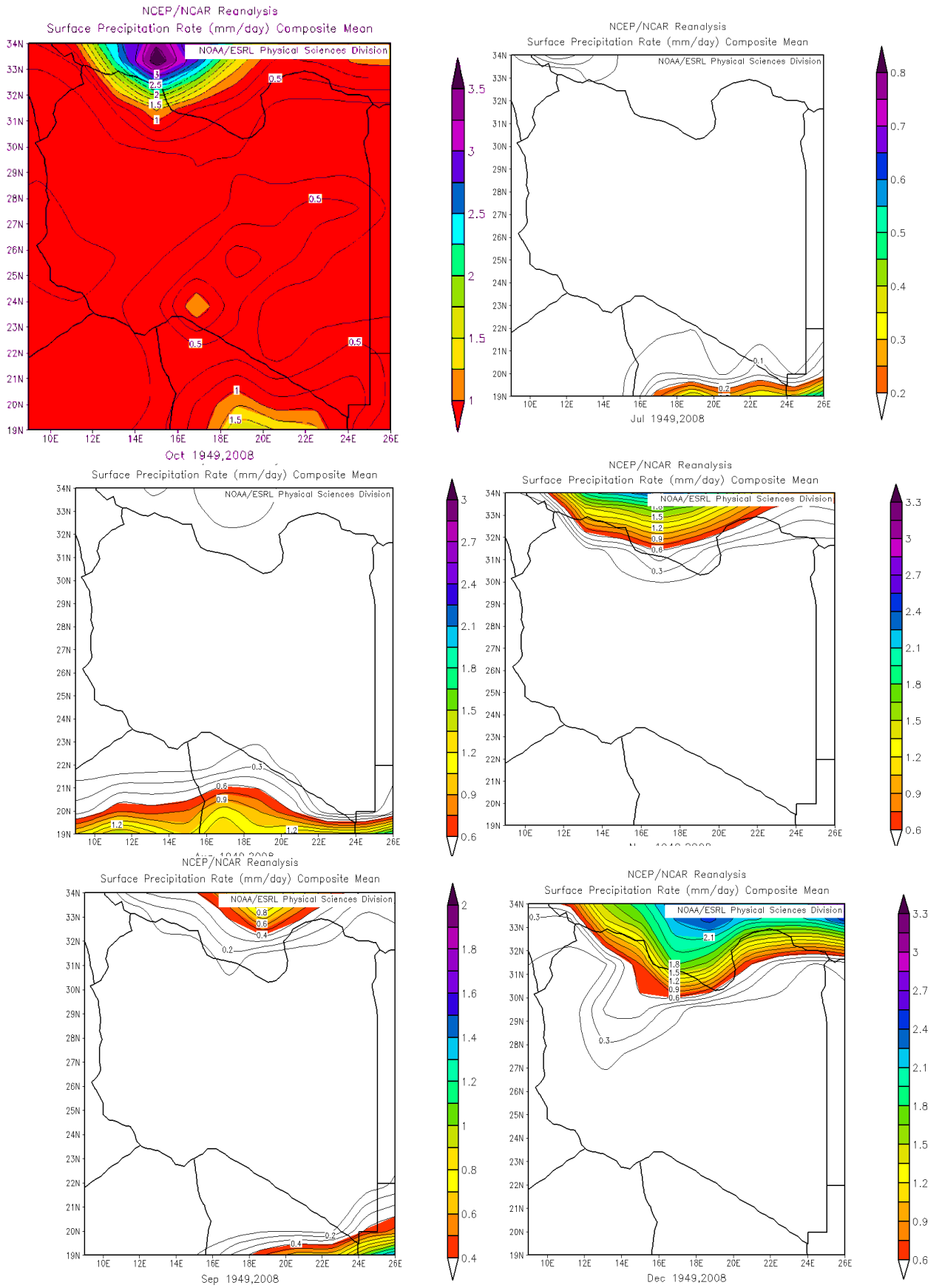


Рис. 1.7. Середньодобова кількість опадів в Лівії за період з 1949- 2008 рр.  
Липень - грудень.

зменшення кількості опадів в період з липня по грудень. У зимові місяці (грудень, січень, лютий) опади спостерігаються тільки на узбережжі. Їх середньодобова кількість варіює від 0,5 до 3 мм. Найбільш дощовими місяцями є квітень і травень, коли опади спостерігаються і над континентальною територією країни. Але їх кількість не перевищує 2,5 мм/добу.

На південному макросхилі нагір'я Джебель аль-Нефус, зверненому до пустелі Сахара, кількість опадів різко зменшується. Уже через 50-60 км від лінії вододілу їх випадає не більше 100 мм / рік. У населеному пункті Мізда (Mizdah) випадає в середньому 64 мм. Ще південніше в зоні щебнисто-кам'янистого пустельного плато Хамада аль-Хамра за даними А. Fantoli [15] випадає менше 50 мм. По роках опади розподіляються також нерівномірно. В окремі роки їх випадає до двох середньогодових норм або, навпаки, в кілька разів менше. За винятком окремих прибережних районів, гір і оазисів територія Лівії відрізняється крайньою сухістю клімату і непридатна для ведення сільського господарства.

### **1.3 Місцеві вітри**

Сухі вітри, звані «гіблі», «шергі», «самум», «хамсін», «сірокко» і ін., походження яких пов'язують з фєном, добре відомі в північно-африканських країнах [3,7,8]. Разом з тим, саме в Лівії вони найбільш гарячі, що несуть з високою швидкістю масу піщаного матеріалу з Сахари, який переноситься циклонами в Західну і Східну Європу за багато сотень і тисячі кілометрів.

Напрямок вітру в Лівії найбільшу частину року має південні румби. У Тріполі дуже слабкі вітри спостерігаються тільки 6.8% днів у році, а більше половини року (50.4%) дмуть вітри зі швидкістю від 3 до 14 м / с (Soil studies, 1980). По периферії лівійських гамад (кам'янистих пустель) в Алжирі

виділяється Великий Східний Ерг, а на сході країни піщана Лівійська пустеля, складена грядовими пісками субмеридіонального простягання (Beadnell, 1910). Між цими потужними піщаними акумуляціями в центральній частині Лівії розташований широкий коридор щебнисто-кам'янистих гамад, яки ступенями опускаються до прибережних рівнин. Формування лівійського коридору гамад безумовно пов'язано з діяльністю спрямованих і постійних вітрів південних румбів, а також «гіблі». Останні дмуть всього кілька днів в році і найбільш часто в травні. Повне відчуття «дихання Сахари» в цей час істотно змінює весь вигляд ландшафтів: справжнє сонячне затемнення в зв'язку з запиленістю атмосфери. Зі швидкістю сильного вітру «гіблі» несуть крупнопилевату фракцію і дрібний пісок на великі відстані, тим самим формуючи на своєму шляху позбавлені рослинності щебнисто - кам'янисті гамади.

Генезис «гіблі» зазвичай пов'язують з фєновим ефектом, котрий і обумовлює полюс спеки в п. Аль-Азізія (Fantoli, 1952; Nuttonson, 1961; Segaiet, 1977 і ін.). Фєновий характер «гіблі» відображає лише сам факт процесу формування гарячих короточасних вітрів. Він не розкриває причини виникнення фєна в Лівії, його повторюваність, напрямок, швидкість і тривалість, пов'язані з варіабельністю атмосферних процесів над пустелею Сахара і акваторією Середземного моря [15].

Виникнення «гіблі» пов'язують з такими факторами, як:

1. Загальна циркуляція атмосфери. Над североафриканским континентом протягом усього року переважає антициклональний режим. Утворення «гіблі» приурочено тільки до осінньо-весняного сезону, з пануванням вітрів з Сахари. «Гіблі» ніколи не буває влітку, оскільки в цей період відбувається зміна вітрів на північні румби, в зв'язку зі зміщенням антициклону до акваторії моря, а також вкрай рідко (1 раз в 7-10 років) в зимові місяці. «Гіблі» - є найбільш типовим при зміні літньої спеки на відносно прохолодний період і, навпаки, прохолодного на спекотний літній.



2. Формування глибокого циклону. «Гіблі» формується тільки тоді, коли глибокий циклон з тиском в центрі менше 980 гПа. проходить транзитом на схід - північний схід над Середземним морем поблизу узбережжя Лівії, іноді зміщуючись в затоку Сидру. Чим ближче центр глибокого циклону до узбережжя Лівії, тим більше ймовірно виникнення «гіблі» і його інтенсивність.

3. Формування баричного градієнта. У період проходження глибокого циклону над Середземним морем між ним і антициклоном в центрі Сахари виникає максимальний відносно річного режиму баричний та термічний градієнти. При проходженні передньої частини циклону вітер спочатку посилюється до максимального, потім в тилової периферії циклону він слабшає, змінюючи напрямок на протилежне. Швидкість проходження циклону над акваторією моря визначає тривалість «гіблі».

4. Особливості орографії Лівії. До них відносяться нагір'я Ахагар і Тібесті і специфічний рельєф гамад. В антициклоні холодний і сухе повітря, стікаючи по схилах нагорій і ескарпів (крутий уступ або обрив, який розділяє ділянки з пологим нахилом земної поверхні) гамад, адиабатически нагрівається і, розганяючись, перетворюється в гарячий вітер - фєн.

Фєн максимально посилюється в районі останнього ескарпу висотою в сотні метрів, що відокремлює нагір'я Джебель аль-Нефус від приморської рівнини Джеффара. В результаті на рівнину «гіблі» приходять як гарячий, сильний вітер, що несе хмари піску і пилу та висушує все . Поєднання цих факторів визначає час і періодичність виникнення «гіблі», яке зазвичай не перевищують 2-3-х на рік. Швидкість вітру прямо пропорційна глибині циклону, а тривалість «гіблі» безпосередньо пов'язана як з потужністю, так і з часом проходження циклону над акваторією моря. Якщо циклон довгий час розташовується над морем в районі затоки Сидр, то тривалість збільшується до 3-4 днів.

## 2 ВІТРОВИЙ РЕЖИМ ЛІВІЇ

### 2.1 Аналіз режиму швидкості вітру на території Лівії в період з 2015-2019 рр.

Вітер являється однією з основних та мінливих характеристик стану атмосфери, яка значно впливає на роботу гідрометеорологічної служби. З дією вітру пов'язано багато природних процесів та атмосферних явищ. Він є важливим джерелом енергетичних ресурсів території. З посиленням вітру пов'язані шквал, смерч, пилова та піщані бурі.

Відомо [1,3,5], що поля вітру біля поверхні землі формуються взаємодією общеціркуляційних механізмів з місцевими фізико-географічними і кліматичними характеристиками даного регіону. Різноманітний ландшафт Лівії призводить до формування своєрідного регіонального режиму вітру. Вивченню вітрового режиму Лівії був присвячений ряд наукових робіт [10, 11, 14], але варто повернутися до цього питання, з огляду на сучасні кліматичні зміни.

На Лівію впливають атмосферні депресії в зимовий час та північно-східні вітри влітку. Лівія також зазнає вітрів "гіблі", сухого і гарячого вітру, який дме з півдня кілька разів на рік, особливо від пізньої весни протягом літнього сезону [4]. У межах території розташовано 22 синоптичні станції (наземні станції), а найстарішій станції - близько 50 років. Час спостереження на цих синоптичних станціях дотримується міжнародних рекомендацій основних стандартних часів [13]. Ці синоптичні станції використовують чашковий анемометр для вимірювання швидкості вітру. У Лівії вимірювання базується на 10-секундних поривах швидкості вітру. Аналіз приземного режиму вітру було проведено на восьми метеорологічних станціях Лівії,

розташованих в різних регіонах країни, за період з 2015-2019 рр. (рис. 2.1, табл. 2.1).

В якості вихідного матеріалу для розрахунку характеристик вітру використані дані метеорологічних спостережень, що містять відомості про кількість випадків різних напрямків і швидкостей вітру та числі штилів. До аналізу залучено восьмирічні спостереження з архіву інтерактивної бази gr5. [17] за період з 2015-2019 рр. і Atmospheric Science Data Center [12] за 2005-2014 рр.



Рис. 2.1. Схема розміщення пунктів дослідження на території Лівії

Повторюваність різних напрямків вітру розрахована для кожного з восьми румбів за весь період років і виражена у відсотках до загальної кількості випадків вітру і штилів [9]. На деяких станціях знайдено прогалини без записів певний період, і це вирішувалося шляхом усереднення записи відповідних місяців. Не було відновлення незвичайних подій швидкості вітру.

Важливою характеристикою вітрового режиму є швидкість вітру [6,14], яка визначається баричним градієнтом та умовами циркуляції атмосфери.

Таблиця 2.1 - Географічні та кліматичні характеристики метеостанцій  
Лівії [11]

№	Назва	Широта °N	довгота °E	висота м	$P_{cp}$ , гПа	$T_{cp}$ °C	$V_{cp}$ м/с
1	Дерна	32,77	22,64	238	991	20,1	4,8
2	Зуара	32,88	12,08	3	1003	21,1	4,4
3	Ефрене	32,05	12,33	691	969	21,8	4,2
4	Місурата	32,42	15,05	32	1009	21,8	4,9
5	Годамес	30,15	9,50	360	973	22,8	3,9
6	Ель-Джагбубе	29,45	24,32	-2	1011	20,5	3,7
7	Ель-Куфра	24,20	23,29	413	969	23,5	3,9
8	Гат	24,97	10,17	978	900	23,0	4,0

Аналіз режиму вітру на восьми станціях Лівії за період з 2015-2019 рр. показав, що найбільші середньомісячні швидкості вітру спостерігалися на прибережній станції Дерна, розташованій на північному сході країни. Амплітуда значень швидкості вітру варіювала від 5 до 8 м/с незалежно від сезону року (рис. 2.2). Найменші середньомісячні швидкості вітру спостерігалися на метеорологічній станції Гат, розташованій на південному-заході країни. Середня швидкість вітру змінювалася в межах 1,8 м/с, від 2,1 до 3,9 м/с. На інших станціях середньомісячна швидкість вітру коливалася в

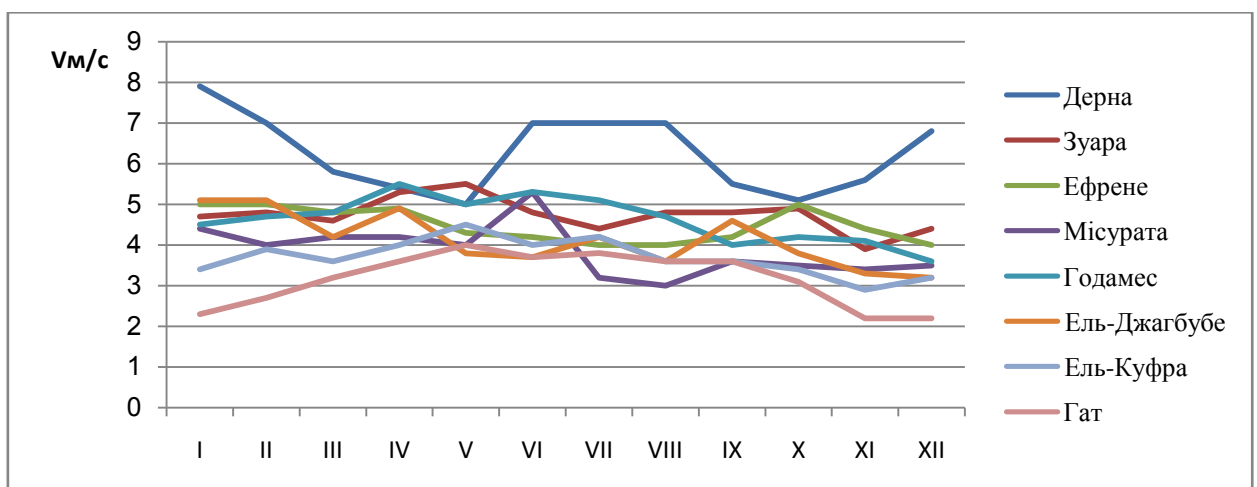


Рис. 2.2. Середньомісячна швидкість ( $V_{cp}$ , м/с) вітру на 8 станціях за період 2015-2019 рр.

діапазоні 3-5 м/с протягом всього року. При цьому вираженого річного ходу зі збільшенням швидкості вітру в холодний період і зменшенням в теплий не спостерігалось.

Якщо розглянути розподіл середньорічної швидкості на досліджуваних восьми пунктах на території Лівії, в порівнянні з періодом 2005-2014 рр., можна відзначити, що на п'яти станціях (Дерна, Зуара, Ефрене, Гадамес і Ель-Джагбуб) спостерігається збільшення середньої швидкості вітру протягом останніх п'яти років. Найбільше зростання швидкості відзначається в Дарне на 1,6 м/с, на інших станціях цей показник варіює від 0,1 до 0,5 м/с (рис. 2.3).

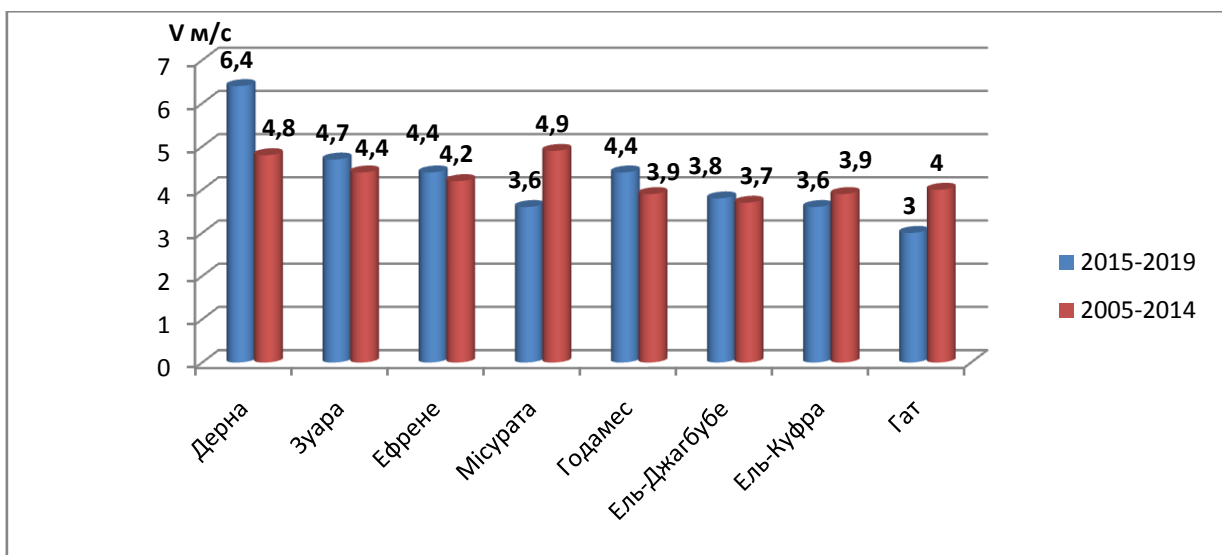


Рис. 2.3. Середньорічна швидкість ( $V_{cp}$ , м/с) вітру на 8 станціях за період 2005-2010 [11,12] та 2015-2018 рр.

На станціях Місурата, Ель -Куфра і Гат спостерігається зворотний тренд, а саме, зниження середньорічної швидкості приземного вітру за останню п'ятирічку на 1,3 м/с в Мисурате, 1 м/с на метеостанції Гат і 0,3 м/с на ст. Ель-Куфра.

Оцінка максимальної швидкості вітру на розглянутих метеорологічних станціях показала, що найбільші максимальні швидкості вітру спостерігалися в районах Тріполітанія (північно-західне узбережжя) і Кіренаїка (північно-східне узбережжя).

Так, на ст. Дерна, значення швидкості максимального вітру досягло 25 м/с в березні 2015 р. На ст. Місурата, в цьому ж році, в вересні місяці зафіксована швидкість 21 м/с, ст. Зуара - 25 м/с в лютому 2019 р. (рис. 2.4.-2.6). На інших метеостанціях ці показники склали: ст. Гадамес і Ефрен - максимальна швидкість приземного вітру - 20 м/с в червні 2019 р. (Гадамес),

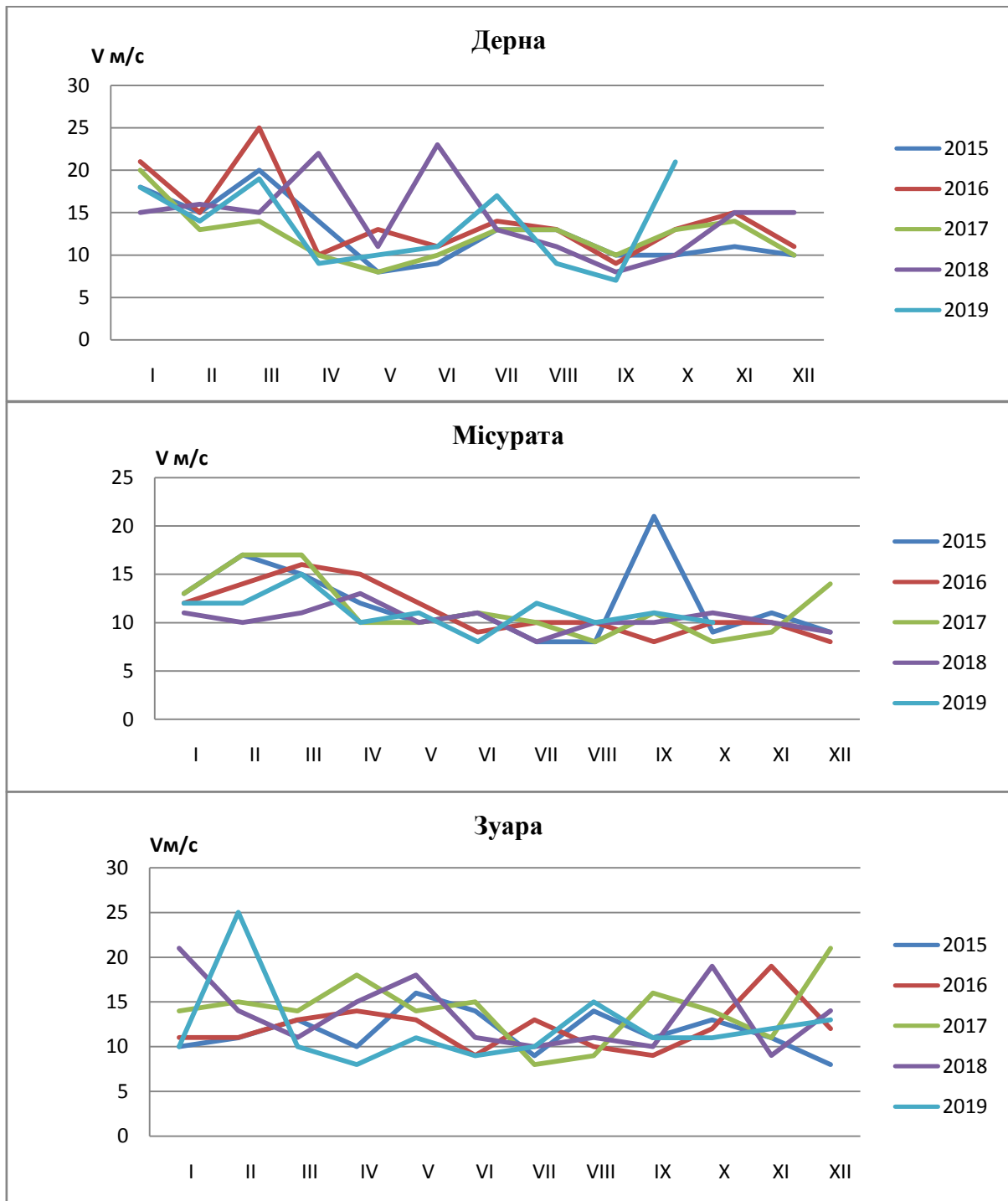


Рис. 2.4. Максимальна швидкість ( $V_{\text{сп}}$ , м/с) вітру на станціях Лівії за період 2015-2019 рр.

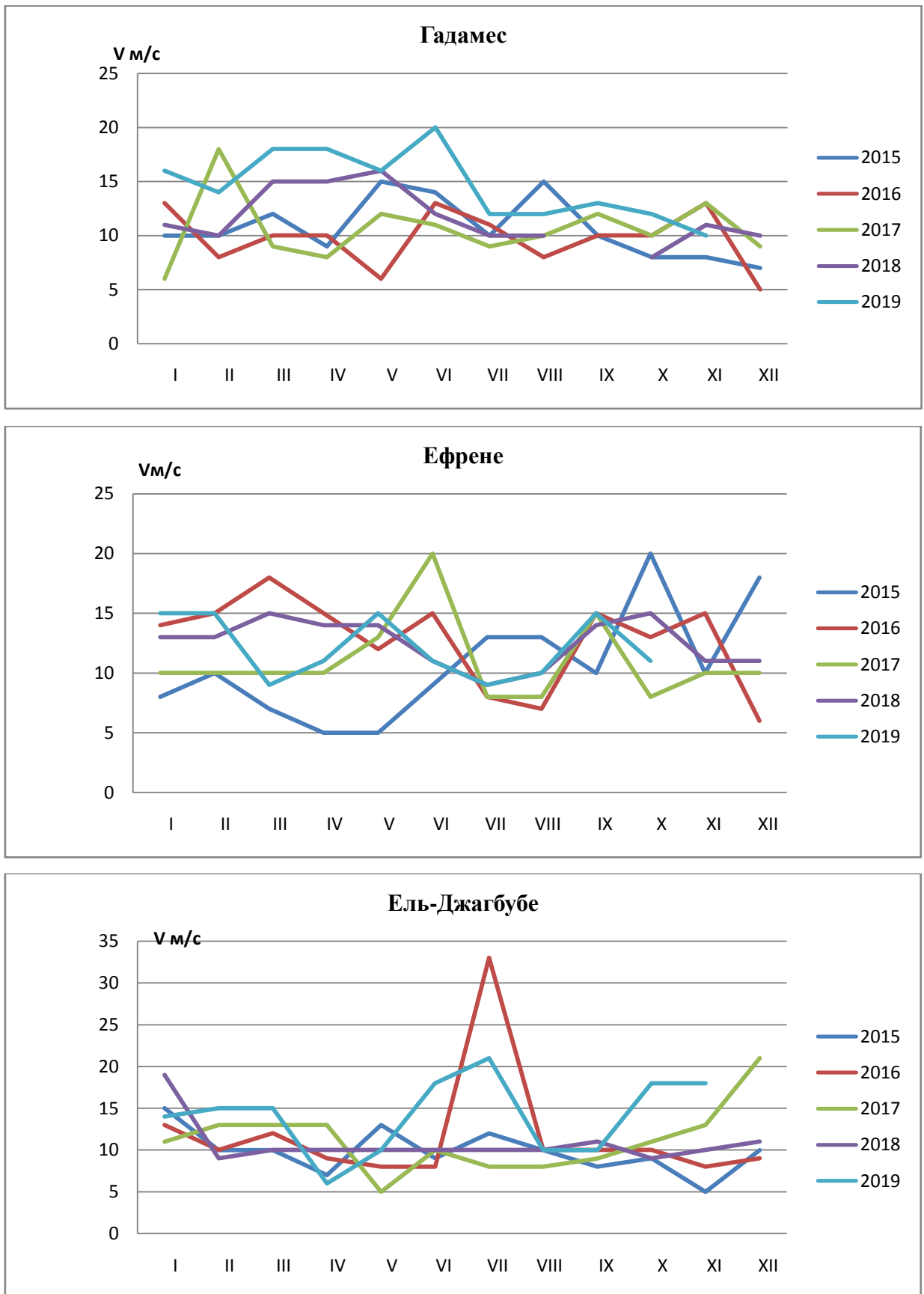


Рис. 2.5. Максимальна швидкість ( $V_{\text{ср}}$ , м/с) вітру на станціях Лівії за період 2015-2019 рр.

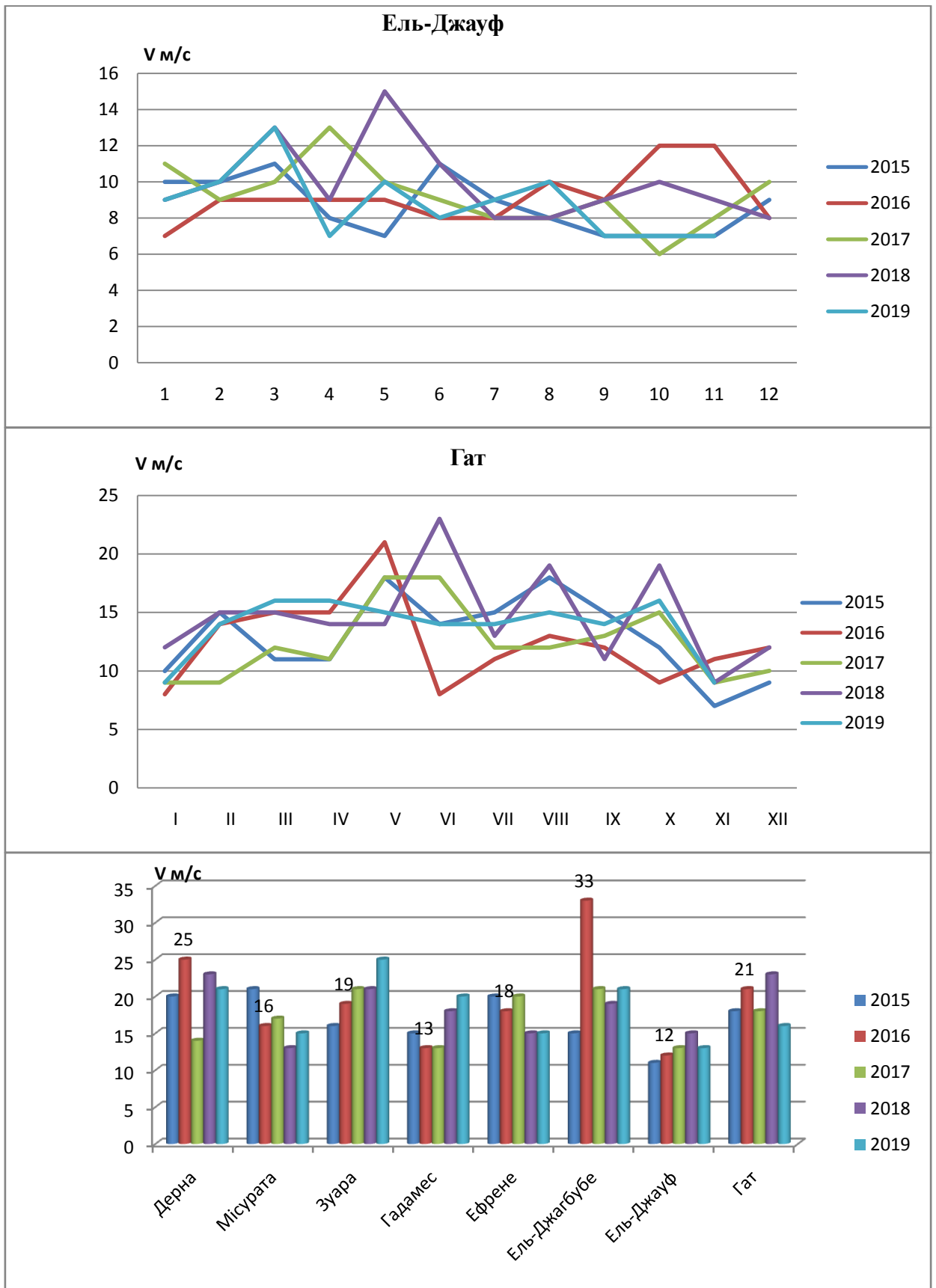


Рис. 2.6. Максимальна швидкість ( $V_{cp}$ , м/с) вітру на станціях Лівії за період 2015-2019 рр.



в червні 2017 та жовтні 2015 року (Ефрен). На ст. Гат влітку в червні 2018 р. зафіксовано 23 м/с, в районі Ель-Джауф максимальна швидкість вітру не перевищувала 15 м/с (травень 2018 р.). Варто зазначити станцію Ель-Джагбуб, там в липні 2016 р. спостерігалася швидкість 33 м/с. Це місто розташоване в тектонічній впадині, рівень якої місцями знижується до рівня моря, а поблизу кордону з Єгиптом, в оазисі Ель-Джагбуб, висотні позначки навіть на кілька метрів нижче рівня моря. І хоча середній фон швидкості вітру на цій станції не перевищує 3,8 м/с, тобто спостерігаються слабкі вітри, проте можна спостерігати і таке екстремальне посилення вітру, можливо пов'язане з впливом регіональної циркуляції.

Вивчаючи швидкість вітру та його тривалість, передбачено[10], що Лівію можна класифікувати на чотири зони швидкості вітру у порядку зростання за щорічною максимальною швидкістю вітру. Тому найчастіша швидкість вітру в будь-якому місці країни повинна належати до однієї з чотирьох установлених зон [10]. Зони позначаються цифрами від 1 до 4 відповідно до порядку зростання основних швидкостей вітру зони. За даними середньорічного розподілу швидкості приземного вітру на восьми станціях Лівії, за період з 2015 по 2019 рр. постоена карта розподілу вітру на даній території (рис.2.7).

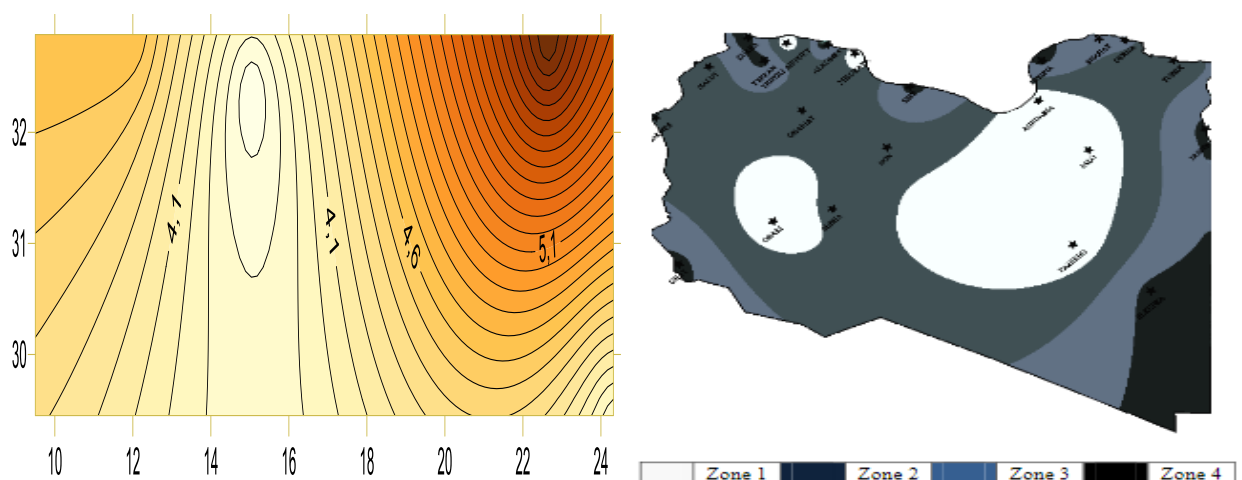


Рис. 2.7. Середньорічна розподіл значень швидкості вітру на території Лівії та вітрова карта Лівії [10].

Отримані дані добре корелюються з попередніми дослідженнями [10,11] і свідчать про те, що найбільші швидкості приземного вітру відзначаються в північно-східних і східних частинах Лівії, а також на північно-західному узбережжі в районі Тріполітанія.

## 2.2 Розподіл швидкості вітру за градаціями

Якщо розглянути розподіл швидкості вітру за градаціями протягом 2015-2019 рр. на всіх станціях, очевидно переважання градації 2-4 та 5-7 м/с, воно становить від 21 до 60 %. Вітер зі швидкістю 1 м/с спостерігався не на всіх метеостанціях: його кількість змінювалося з 21,8% на ст. Дарна до 0,1% на ст. Гадамес. В Ель-Джагбубі не було відзначено випадків з такою швидкістю вітру. Кількість випадків зі слабким вітром (до 4 м/с включно) досить вагоме на всіх станціях. Найбільших значень цей показник досягав на метеостанції Місурата 51,8 % - і Ель-Куфра - 63,3%, найменших на станції Ель-Джагбубе – 22,7 %. Градація 5-7 м/с фіксувалася на всіх станціях, її кількість варіювала від 21,1 % в Ель-Куфрі до 38,7% на ст. Гадамес. Досить часто помірні швидкості вітру відзначалися на станціях Зуара - 36,8 %, Ефрене- 33,2 %, Ель-Джагбубі -32,3 %. Зі збільшенням швидкості вітру внесок кожної градації зменшується. Так швидкість вітру 8-10 м/с частіше спостерігалася на станціях, розташованих на північному заході території, а саме Зуара, Місурата і Дарна – 12,3, 5,7 та 5,3 %, відповідно. Варто відзначити також достатній внесок повторюваності цієї градації в Ель-Джагбубі – 11,7 %. Сильний вітер (більше 15 м/с) в зазначений період зафіксовано на всіх 8 станціях, його кількість змінюється від 1 до 5 %. Найчастіше вітер зі швидкістю більше 15 м/с спостерігається в районі станції Ефрен – 5 % і Ель-Джагбуб - 3,6 %. Найбільша кількість штилів відзначено на ст. Ель-Джагбуб - 29,7 % (рис. 2.8-2.9).

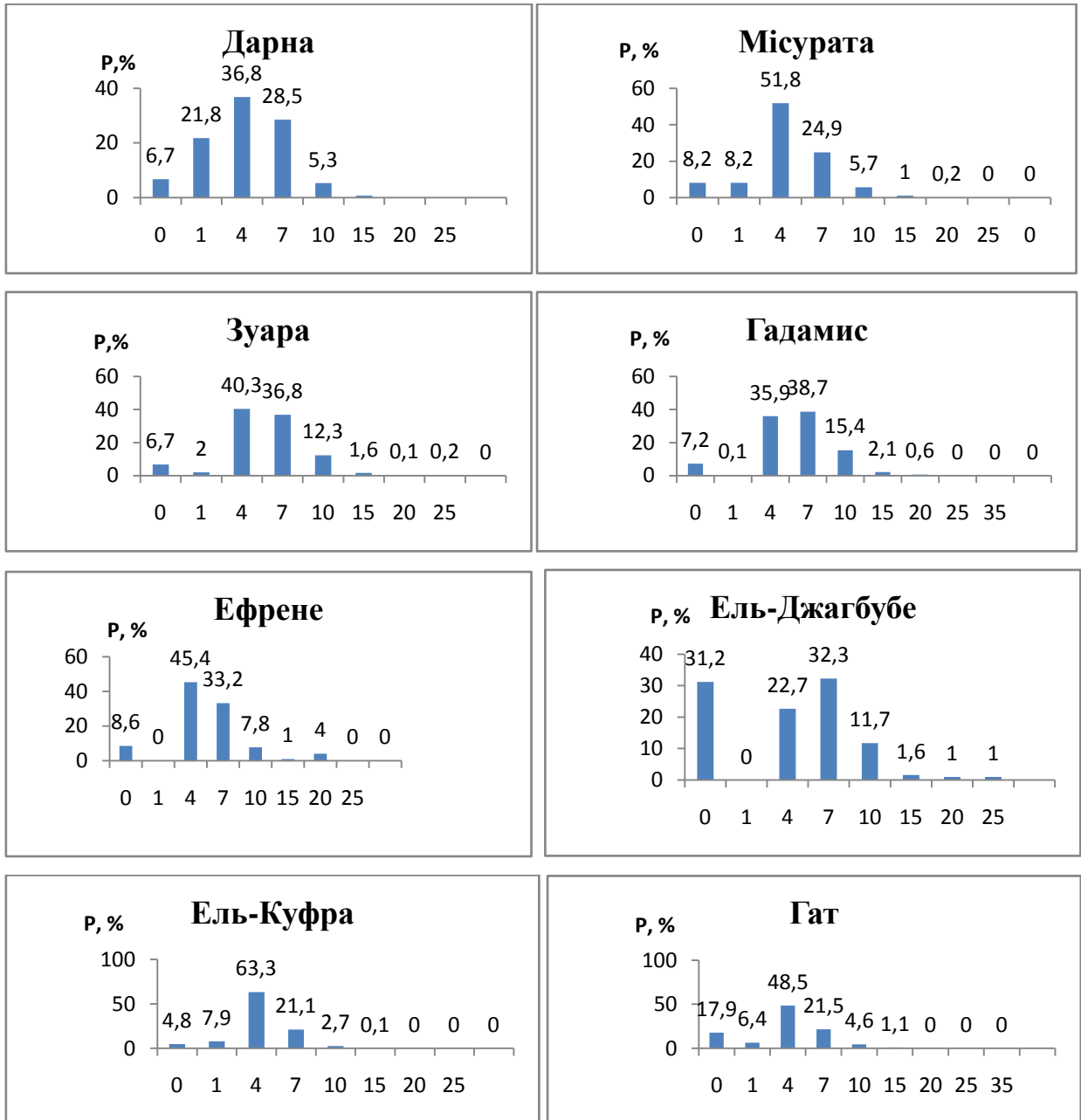


Рис. 2.8. Розподіл швидкості вітру за градаціями на станціях Лівії

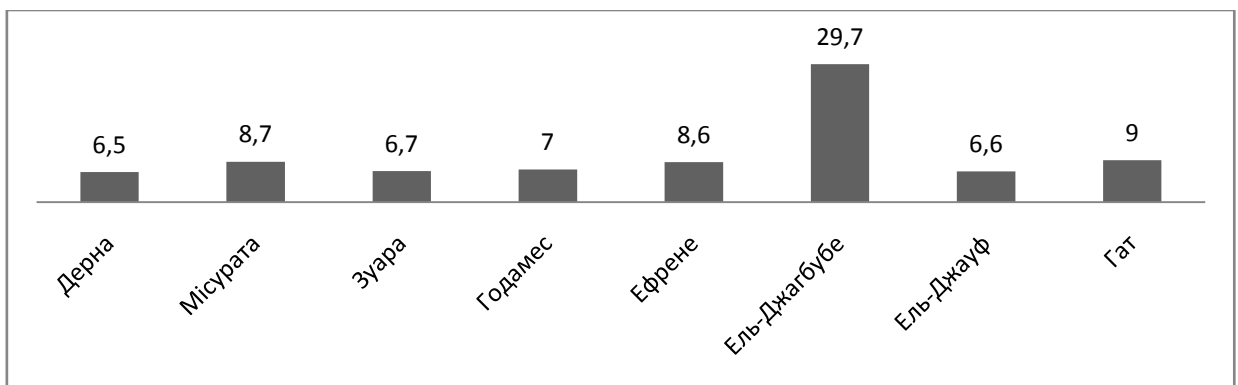


Рис. 2.9. Повторюваність штилів на станціях Лівії

Найімовірніше цей факт пов'язаний з регіональними умовами формування поля вітру на даній території, однак варто більш детально вивчити цю особливість, з урахуванням усіляких впливів на еволюцію вітрового режиму в цьому районі. На інших станціях спостерігався досить однорідний ряд повторюваності штилів їх кількість змінювалося від 6,5% в Дарне до 9% на ст. Гат.

Таким чином, розподіл швидкості вітру по градаціях на 8 станціях Лівії за період з 2015 по 2019 рр. демонструє переважання слабого вітру практично на всіх розглянутих станціях. Однак, внесок частки помірного вітру (5-7 м/с) також досить великий, а на метеостанціях Ель-Джагбубе і Гадамес навіть є переважаючою градацією.

### **2.3 Просторово-часова мінливість напрямку вітру**

Просторовий розподіл переважаючого напрямку вітру залежить від поєднання циркуляційних і фізико-географічних умов регіону. Вітровий режим Лівії зумовлюється макроциркуляційними процесами в атмосфері та оложенням баричних центрів над континентом Африка та Атлантикою. Для наочного розгляду річного ходу повторюваності вітру різних напрямків проведено рознесення швидкості вітру по румбах та побудовані річні рози вітру для восьми метеостанції Лівії (рис. 2.10). Аналіз отриманих роз вітрів показує очевидну перевагу північних і північно-східних вітрів на станціях Дерна, Гадамес, Зуара, Ефрене та Ель-Джауф. Великий відсоток вкладу північно-західного румба відзначений на метеостанції Місурата і Гат. Однак на станції Місурата спостерігається до 11% протилежного південно - східного напрямку, що є наслідком впливу бризової циркуляції що виникає на узбережжі. На станції Ель-Джагбубе панують вітри західного і північного напрямків, в рівних частках - близько 20%.

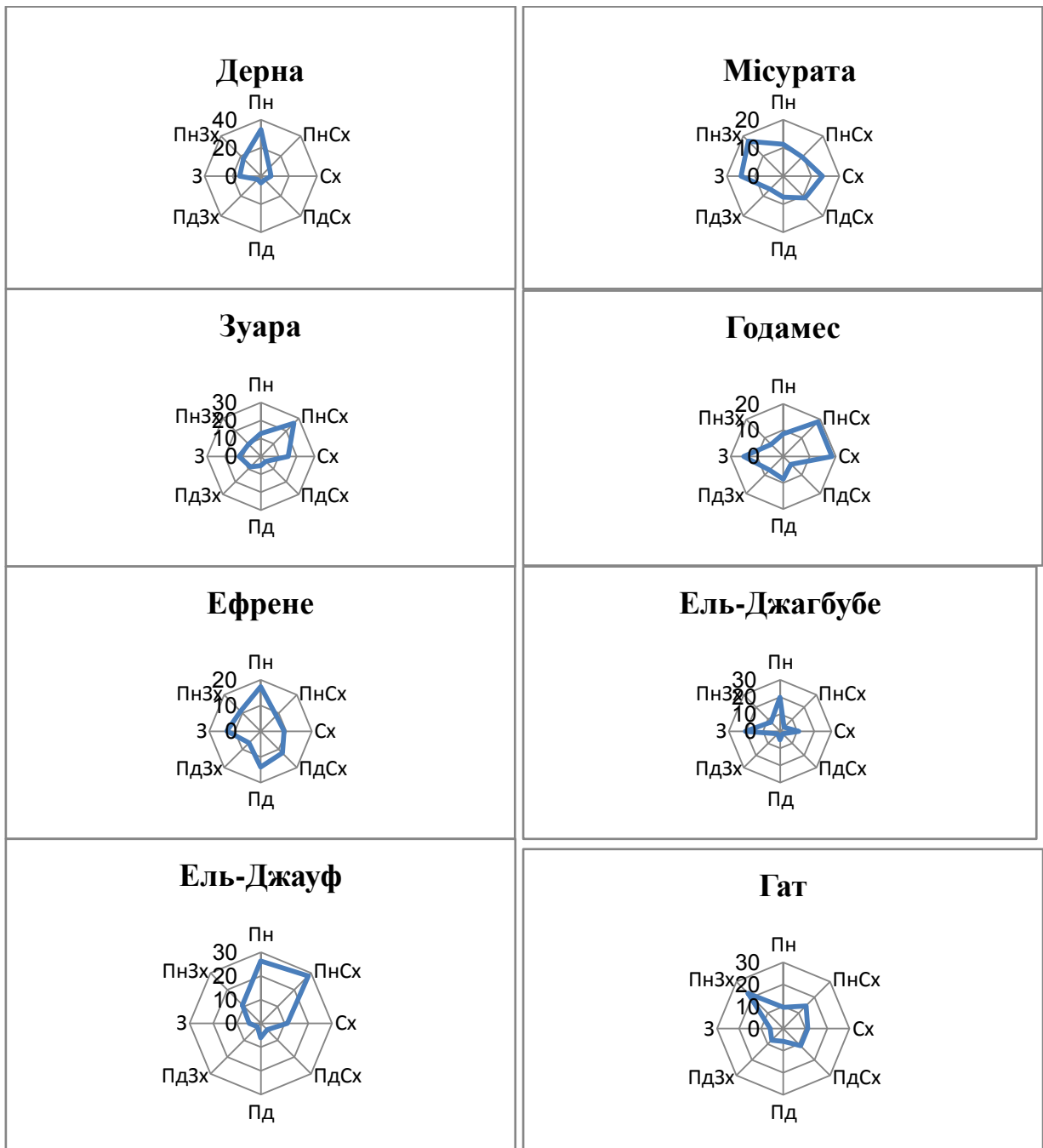


Рис. 2.10. Розподіл напрямків вітру на станціях. 2015-2018 рр.

З наведеного аналізу випливає, що для восьми станцій Лівії, розташованих в різних географічних районах характерні деякі спільні риси розподілу повторюваності вітру за швидкостями і напрямками, але фізико-географічний фактор і місцеві вітри надають особливо значний вплив на формування вітрового режиму країни. Так же варто відзначити високу повторюваність слабого (22-63%) та помірного (21-39%) вітру на всіх розглянутих метеорологічних станціях.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання наукової роботи отримані наступні висновки:

1. Найбільша середньомісячна швидкість вітру спостерігалася на прибережній станції Дерна - 6,4 м/с розташованої на північному сході країни. Найменша - на метеорологічній станції Гат - 3 м/с.

2. Виявлено, що в порівнянні з періодом 2005-2014 рр., швидкість приземного вітру збільшилася на станціях Дерна, Зуара, Ефрене, Гадамес і Ель-Джагбуб на 0,1-1,6 м/с. На станціях Місурата, Ель -Куфра і Гат спостерігається зворотний тренд, а саме, зниження середньорічної швидкості приземного вітру за останню п'ятирічку на 1,3 м/с в Мисурате, 1 м/с на метеостанції Гат і 0,3 м/с на ст. Ель-Куфра.

3. Отримано, що максимальні швидкості приземного вітру відзначаються в північно-східних і східних частинах Лівії, а також на північно-західному узбережжі в районі Тріполітанія.

4. Розподіл швидкості вітру по градаціях на 8 станціях Лівії за період з 2015 по 2019 рр. демонструє переважання слабкого вітру практично на всіх розглянутих станціях. Однак, внесок частки помірного вітру (5-7 м/с) також досить великий, а на метеостанціях Ель-Джагбубе і Гадамес навіть є переважаючою градацією.

5. Аналізуючи просторово-часову мінливість напрямку вітру за останні п'ять років можна відмітити очевидну перевагу північних і північно-східних вітрів на станціях Дерна, Гадамес, Зуара, Ефрене та Ель-Джауф.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Алі Салех Алі Абудавах, Агайар Е. В. Характеристика вітрового режиму на станції Одеса-АМСЦ // Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ 15-18 квітня 2019 р. С. 193-198.
2. Бабаев А.Г., Зонн И.С., Дроздов Н.Н., Фрадкин З.Г. Пустыни. М. Мысль, 1986. 317 с.
3. Бурман Э. А., Ивус Г. П. Влияние моря на статистическую структуру поля ветра в прибрежной полосе при разных значениях внешних параметров/ Труды ВНИИГМИ – МЦД, 1977. – Вып. 52. – С. 79-89.
4. Белобров В. П. Климатические особенности пустынного почвообразования в Северной Ливии. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 81. 2015 г. с.138-159. DOI: 10.19047/0136-1694-2015-81-138-159
5. Ивус Г. П., Агайар Э.В. Фізико-статистичний аналіз і прогноз слабкого вітру та інверсій температури над територією Північно-Західного Причорномор'я. Одеса: ТЕС. 2018. 201 с.
6. Казаков А.Л. Об использовании различной информации по ветру в прикладных исследованиях // Метеорологія, гідрологія та кліматологія. 2005. Вып. 49. С. 190-203.
7. Петров М.П. Пустыни земного шара. Л.: Наука, 1973. 433 с.
8. Прох Л.З. Словарь ветров. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 312 с.
9. Школьный С. П., Лоєва І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Одеса, 1999. 578 с.
10. Abohedma M. B., Alsheba M. M. Wind Load Characteristics in Libya. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering. Vol. 4. No. 3. 2010.
11. Alnaas J., Sharif A., Mukhtar M, Elbidi M. Mapping the Wind Power Density and Weibull Parameters for Some Libyan Cities. International Journal of Engineering Science. Vol. 5. No. 8. 2016. PP. 35-45

12. Atmospheric Science Data Center. Processing, archiving and distributing Earth science data at the NASA Langley Research Center. 2016 [cited 2019 11 Okt]; Available from: <https://eosweb.larc.nasa.gov/>.
- 13..Dr.Salah.Bashier.Mossa, " Natural Climate ", Modern Academic Office, Alexandria, 2005 ( In Arabic).
- 14.Fallis A., "Global Wind Statistics 2015. GWEC. Brussels. Belgium. 2015.
- 15.Fantoli A. Le piogge della Libia. Ufficio Studi del Ministero A.I. Roma, 1952.
- 16.Kalnay, E. et al.,: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project.Bull Amer Meteor Soc 1996;77: 437-470.
17. Погода в мире [Электронный ресурс] - Режим доступа URL: <http://rp5.ua/> (дата звернення 10.09.2019 р.).
18. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.p> (дата звернення 09.10.2019 р.).
- 19.URL: [http://www.freemapviewer.com/ru/map/Map-World\\_306.html](http://www.freemapviewer.com/ru/map/Map-World_306.html) (дата звернення 15.10.2019 р.).
- 20.URL: <https://bigenc.ru/geography/text/2172885> (дата звернення 20.09.2019 р.).
- 21.URL:[cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/getpage.pl](http://cdc.noaa.gov/cgi-bin/data/getpage.pl) (дата звернення 25.10.2019 р.).



