

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра метеорології та кліматології

**Магістерська кваліфікаційна робота**

на тему: Динаміка зміни атмосферної циркуляції  
Північно-Західного Причорномор'я  
на початку XXI століття

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-2м  
спеціальності 103 - «Науки про Землю»  
Поліщук Анна Володимирівна

---

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

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Метеорологія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. зав. кафедри Прокоф'єв О.М.

“28” жовтня 2019 року

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

Поліщук Анні Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Динаміка зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я на початку XXI століття

керівник роботи Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна к. геогр. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти №235-С від 21 жовтня 2019 р.

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Синоптичні карти з архіву АРМСин 3.0. 2. Календар елементарних циркуляційних механізмів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою дослідження та аналіз багаторічного циркуляційного режиму. 2. Характеристика синоптичних умов посилення вітру у Північно-Західному Причорномор'ї за період 2008-2012 та 2013-2017 рр. 3. Розрахунок повторюваності баричних об'єктів 4. Виявлення циркуляційних умов формування сильного ветру над регіоном.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 2.1– композит синоптичних ситуацій виділених типів, ілюстрації наслідків та географічний розподіл пилових бур з літературних джерел. Рис. 2.2 – повторюваність (%) типів синоптичних процесів для штормів, забезпеченість, повторюваність та структура низьких струменів. Рис. 2.3 - розподіл районів зародження південних циклонів, Рис. 2.4-2.6 – траєкторії циклонів, Рис.3.1-3.6 – типи синоптичних процесів над Північно-Західним Причорномор'ям. Рис. 4.1-4.3 – повторюваність типів синоптичних процесів у 2008-2012 та 2013-2017 рр.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Вивчення літературних джерел за темою дослідження</i>	28 жовтня 2019 р.	92	відмінно
2.	<i>Збір та попередня обробка вихідної інформації, складання бази даних до дослідження</i>	листопад 2019 р.	90	відмінно
3.	<i>Визначення режиму утворення штормового вітру над північчю Чорного моря</i>	листопад 2019 р.	88	відмінно
4.	<i>Аналіз метеорологічних та синоптичних умов над Північно-Західним Причорномор'ям</i>	листопад 2019 р.	90	відмінно
5.	<i>Характеристика циркуляційних умов утворення сильного вітру над над Північно-Західним Причорномор'ям</i>	листопад 2019 р.	89	відмінно
6.	<b>Рубіжна атестація</b>	18 –23.11.2019		
7.	<i>Оцінка циркуляційних умов над над Північно-Західним Причорномор'ям у 2008-2012 та 2013-2017 рр.</i>	грудень 2019 р.	91	відмінно
8.	<i>Підведення підсумків та підготовка рукопису до друку</i>	5 грудня 2019 р.	90	відмінно
9.	<i>Оформлення магістерської роботи.</i>	10 грудня 2019 р.	91	відмінно
10.	<i>Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.</i>	грудень 2019	90	відмінно
11.	<i>Перевірка на плагіат, підписання авторського договору</i>	6-9.12.2019		
12.	<i>Підготовка доповіді та презентації. Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2019		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>90</b>	<b>відмінно</b>

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

*Поліщук А.В.*

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

*Семергей-Чумаченко А.Б.*

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Тема:** «Динаміка зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я на початку XXI століття»

**Автор:** Поліщук Анна Володимирівна

**Актуальність** визначається необхідністю виявлення динаміки змін синоптичних ситуацій над Північно-Західним Причорномор'ям для подальшого складання довгострокових прогнозів погоди.

**Мета дослідження** – аналіз динаміки зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я за допомогою приземних карт погоди.

**Відповідно до поставленої мети було розв'язано такі задачі:**

- синоптичний аналіз карт Північно-Західного Причорномор'я за два періоди 2008-2012 та 2013-2017 рр.;
- визначення типу атмосферної циркуляції для центральних місяців року;
- розрахунок повторюваності типів синоптичних ситуацій.

**Об'єкт дослідження** – приземні поля атмосферного тиску.

**Предмет дослідження** – типи атмосферної циркуляції.

**Методи дослідження** –

- Просторово-тимчасове узагальнення даних
- Синоптичний аналіз

**Наукова новизна отриманих результатів.**

В даній роботі вперше для території півдня України

- визначений сучасний розподіл типів циркуляції над Північно-Західним Причорномор'ям ;
- встановлена динаміка, зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я.

**Практичне значення отриманих результатів.** Врахування динаміки змін синоптичних ситуацій над Північно-Західним Причорномор'ям можна використовувати для вдосконалення довгострокових прогнозів погоди.

Магістерська робота в обсязі 60 сторінок складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 14 джерел, двох додатків, містить 15 рисунків та 6 таблиць.

**Ключові слова:** атмосферний тиск, сильний вітер, штормова зона, циркуляційний тип, елементарний циркуляційний механізм.

## SUMMARY

**Thesis Topic:** „ Dynamics of atmospheric circulation change in the Northwest Black Sea at the beginning of the XXI century”

**Author:** Polishchuk Anna

**Urgency of the issue** is determined by the need to detect the dynamics of weather changes over the Northwest Black Sea for further long-term weather forecasts.

**Aim of this study** analysis of the dynamics of changes in the atmospheric circulation of the Northwest Black Sea using ground-based weather maps.

**According to aim assigned such tasks are solved:**

- synoptic analysis of maps of the Northwest Black Sea for the two periods 2008-2012 and 2013-2017;
- determination of the type of atmospheric circulation for the central months of the year;
- calculation of recurrence of types of synoptic situations.

**Object of scientific research** - surface atmospheric pressure.

**Subject of scientific research** - types of atmospheric circulation.

**Methods of scientific research**

- is spatiotemporal generalization of meteorological information,
- synoptic analysis.

**Scientific novelty of results obtained.**

In this paper for the first time for the territory of southern Ukraine

- In this paper for the first time for the territory of southern Ukraine;
- dynamics, changes in the atmospheric circulation of the Northwest Black Sea have been established.

**Practical importance of results obtained.** The dynamics of weather changes over the Northwest Black Sea can be used to improve long-term weather forecasts.

The master thesis of 60 pages consists of four chapters, conclusions, bibliography of 14 sources, contains 15 figures and 6 tables.

**Keywords:** pressure, strong wind, storm zone, type of circulation, elementary circulating mechanisms

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 Вітер як важлива характеристика стану атмосфери .....	8
1.1 Загальні відомості про вітер та одиниці його виміру .....	8
1.2 Стихійні метеорологічні явища, пов'язані з вітром .....	9
2 Загальна циркуляція атмосфери .....	11
2.1 Основні елементи.....	11
2.2 Синоптичні умови виникнення сильного вітру.....	16
2.2.1 Циклонічна діяльність над акваторією Чорного моря .....	23
2.2.2 Південні циклони .....	25
2.2.3 Західні циклони .....	27
2.2.4 Пірнаючі циклони .....	28
3 Критерії атмосферної циркуляції та типи синоптичних процесів .....	30
3.1 Методи визначення критеріїв атмосферної циркуляції.....	30
3.2 Типи синоптичних процесів .....	34
4 Вплив циркуляції атмосфери на погодні умови північно-західного причорномор'я.....	40
4.1 Дослідження атмосферної циркуляції за період 2008 – 2012 рр. для м. Одеса .....	40
4.2 Дослідження атмосферної циркуляції за період 2013 – 2017 рр. для м. Одеса .....	42
4.3 Динаміка зміни синоптичних процесів за періоди 2008 – 2012 рр. та 2013 – 2017 рр. ....	44
ВИСНОВКИ.....	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	47
ДОДАТОК А.....	49
ДОДАТОК Б .....	50

## ВСТУП

Основною причиною атмосферних рухів є неоднорідність нагрівання різних ділянок підстильної поверхні і атмосфери. Наявність температурних і баричних градієнтів зумовлює рух, направлений на відновлення гідростатичної рівноваги. Підйом теплого і опускання холодного повітря на Землі, що обертається, супроводжується формуванням циркуляційних систем різного просторово-часового масштабу. Сукупність великомасштабних атмосферних рухів отримала назву загальної циркуляції атмосфери (ЗЦА).

Метою магістерської роботи є аналіз динаміки зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я за допомогою приземних карт погоди.. Дослідження проводились для центральних місяців року за два періоди дослідження: 2008 – 2012 рр. та 2013 – 2017 рр. для м. Одеса.

Типи циркуляції встановлюються шляхом класифікації (розподілу) безперервної послідовності синоптичних процесів на ряд стійких станів за допомогою критеріїв класифікації. Виділяють зональний і меридіональний стан атмосферної циркуляції. Для визначення класифікації великомасштабних синоптичних процесів у регіоні Північно-Західного Причорномор'я, скористаємось методом А.Л. Каца

Об'єкт дослідження – приземні поля атмосферного тиску.

Предмет дослідження – типи атмосферної циркуляції.

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

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

У вступі формулюються мета та завдання роботи.

Перший розділ містить в собі загальну інформацію вітер, його вплив на діяльність суспільства.

Другий розділ присвячений циркуляційним умовам посилення вітру.

Третій розділ складається методів визначення критеріїв атмосферної циркуляції та типів синоптичних процесів.

Четвертий розділ присвячений дослідженню та аналізу синоптичних процесів за періоди 2008 – 2012 та 2013 – 2017 рр.

У висновках представлені результати виконаної роботи.

Перелік посилань складається з 14 літературних джерел.

У додатках наведені допоміжні матеріали.

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Семергей-Чумаченко А.Б. у рамках науково-дослідної роботи «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532).



## 1 ВІТЕР ЯК ВАЖЛИВА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ АТМОСФЕРИ

### 1.1 Загальні відомості про вітер та одиниці його виміру

Тиск повітря є однією з основних характеристик фізичного стану атмосфери. З ним тісно пов'язані динамічні процеси, що у ній відбуваються, зокрема, горизонтальний рух повітря. Атмосферний тиск в умовах статичної рівноваги на будь-якому рівні кількісно оцінюється вагою стовпа повітря від цього рівня до верхньої межі атмосфери і вимірюється біля земної поверхні у гектопаскалях.

Для атмосферного тиску, як і для будь-якої іншої метеорологічної величини, властиві просторові та часові зміни, що залежать від кліматоутворювальних факторів: сонячної радіації, циркуляційних процесів та підстильної поверхні.

Географічне розташування України на межі циркуляційних систем помірних широт, до того ж із чітко визначеним впливом гірських масивів Карпат та Кримських гір, Чорного та Азовського морів, формує складний характер атмосферних процесів, що, у свою чергу, зумовлює особливі риси просторового розподілу тиску та його часових змін [ 13].

Вітром називається рух повітря відносно земної поверхні під дією сили баричного градієнта, сили тертя, відхильної сили обертання Землі та відцентрової сили. Напрямок вітру (звідки дує вітер) – вимірюють в кутових градусах або румбах від напрямку на північ.

Швидкість вітру вимірюється в м/с, км/год, вузлах або умовних одиницях (балах). Швидкість вітру, що дорівнює одному вузлу, відповідає одній морській милі (1852 м) за годину або наближено 0,5 м/с.

Для визначення швидкості (сили) вітру в умовних одиницях використовується дванадцятибальна шкала Бофорта (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Значення швидкості вітру в різних одиницях

Бал шкали Бофорта	м/с	Бал шкали Бофорта	м/с
0	0 – 0,2	7	13,9 – 17,1
1	0,3 – 1,5	8	17,2 – 20,7
2	1,6 – 3,3	9	20,8 – 24,4
3	3,4 – 5,4	10	24,5 – 28,4
4	5,5 – 7,9	11	28,5 – 32,6
5	8,0 – 10,7	12	> 32,7
6	10,8 – 13,8		

Для переведу швидкості вітру з одних одиниць в інші існують емпіричні формули:

$$и_1 = 2В - 1, \quad (1.1)$$

$$и_2 = 1,87 \sqrt{В^3}, \quad (1.2)$$

де  $В$  – бал шкали Бофорта;  $и_1$  – швидкість вітру, м/с;  $и_2$  – швидкість вітру, вузли. Формула (1.1) справедлива до  $В \leq 8$ , а (1.2) – для всієї шкали.

Крім того, при візуальних спостереженнях над морською поверхнею часто використовують поняття: штиль ( $В = 0$ ), помірний вітер ( $В = 4$ ), сильний вітер ( $В = 6$ ), шторм ( $В = 10$ ), ураган ( $В = 12$ ).

У сучасній практиці найбільш поширеними одиницями виміру вітру є: для напрямку – кутові градуси, для швидкості вітру біля землі – м/с та вузли, а на висотах – км/год [6].

## 1.2 Стихійні метеорологічні явища, пов'язані з вітром

До небезпечних стихійних явищ відносяться: вітер і шквали – максимальна швидкість 25 м/с і більше, на високогір'ї Карпат та в гірських районах Криму (Плай, Пожежевська, Ай-Петрі, Ангарський перевал) – 40 м/с і більше. На Україні сильний вітер спостерігається головним чином в

холодний період року з максимумом в січні (23%), майже така ж його повторюваність ранньою весною (22%) і пізньою осінню (19%). Сильний вітер, піднімаючи в повітря пил і сніг, збільшує навантаження на проводи, висотні споруди, погіршує видимість і тим самим ускладнює рух транспорту. При сильному вітрі відбувається інтенсивне випаровування, що різко знижує вологість ґрунту. Певних закономірностей в просторовому розподілі шквалонебезпечних ситуацій для території України не виявлено, хоча вони можуть створюватися майже щорічно (імовірність 77%). Шквали часто призводять до катастрофічних наслідків, які завдають збитків насамперед сільськогосподарському виробництву та спричиняють полягання зернових посівів, поломку дерев, іноді руйнують споруди і обривають лінії електропередач, призупиняють будівельні роботи. Наприклад, 11.10.2003 р. сильний вітер, обумовлений виходом південного циклону, паралізував життєдіяльність майже півтори тисячі населених пунктів 13 областей України та Автономної Республіки Крим (АР Крим).

Сильні хуртовини (завірюхи) – перенесення снігу, що випадає або раніше випав, вітром швидкістю 15 м/с і більше протягом дня або ночі. Щорічна ймовірність виникнення завірюх в Україні майже 96%. Сильний вітер, випадіння снігу, а також його вітровий підйом з поверхні порушують нормальну роботу транспорту; в гірських районах завірюхи можуть створити ситуацію, що сприяє сходу снігових лавин, а це, в свою чергу, може спричинити великі руйнування, людські жертви, загибель тварин і рослин. Завірюхи спостерігаються, головним чином, в зоні теплих фронтів циклонів, що активно розвиваються та швидко переміщуються із заходу або з півдня. Звичайно циклон поглиблюється, баричні градієнти у ньому зростають і вітер значно посилюється. Крім того, в передній частині циклону відбувається інтенсивний розвиток висхідних рухів, що призводить до утворення дуже потужної хмарності та рясних опадів [14].

## 2 ЦИРКУЛЯЦІЙНІ УМОВИ ПОСИЛЕННЯ ВІТРУ

### 2.1 Основні елементи

Основною причиною атмосферних рухів є неоднорідність нагрівання різних ділянок підстильної поверхні і атмосфери. Найявніші температурні і баричні градієнти зумовлює рух, направлений на відновлення гідростатичної рівноваги. Підйом теплого і опускання холодного повітря на Землі, що обертається, супроводжується формуванням циркуляційних систем різного просторово-часового масштабу. Сукупність великомасштабних атмосферних рухів отримала назву загальної циркуляції атмосфери (ЗЦА). Загальна циркуляція атмосфери і загальна циркуляція океану частково зменшують контрасти температури і тиску, зумовлені нерівномірним надходженням сонячної радіації і різною здатністю її поглинання різними ділянками підстильної поверхні і атмосфери.

Однією з найбільш великомасштабних структурних ланок ЗЦА є циркумполярний вихор (ЦПВ). Формування циклонічного ЦПВ зумовлене локалізацією в полярній області планетарного осередку холоду, а в тропічній зоні – осередків тепла. Вияв циркумполярного руху – західне перенесення, - є вельми стійкою особливістю тропосферної циркуляції.

Взимку циклонічний характер руху повітряних мас у позатропічних широтах переважає на всіх рівнях від 850 до 10 гПа. Влітку в північній півкулі циклонічний ЦПВ слабшає і зберігається в шарі від 850 до 100 гПа. На рівнях 50 і 30 гПа в нижній стратосфері формується антициклонічний вихор. ЦПВ в тропосфері розповсюджується в обох півкулях до 20° широти [12].

Загальна циркуляція атмосфери складається з ряду великомасштабних рухів. Серед них найбільший масштаб має західно-східне перенесення мас повітря, що охоплює влітку тропосферу і частину стратосфери позатропічних широт та взимку - всю стратосферу.

Західно-східне перенесення зумовлено відхильною дією обертання Землі навколо своєї осі на горизонтальну складову сили баричного градієнта, яка завдяки температурному контрасту між екватором і полюсом, спрямована

від тропіків до полюсів. Західне перенесення спостерігається, зазвичай, над більшою частиною позатропічних широт Північної та Південної півкуль.

Важливою складовою частиною загальної циркуляції атмосфери є циркуляція повітря у системі позатропічних циклонів і антициклонів, які безперервно виникають і руйнуються, істотно впливаючи на характер міжширотного обміну мас повітря, тобто перенесення тепла з низьких широт до високих, а холоду - з високих до низьких [9].

Осереднену меридіональну циркуляцію формують агеострофічні складові вітру. Тому меридіональна циркуляція помітно слабше зональної. Виділяють два основних компоненти меридіональної циркуляції. У північній півкулі взимку між екватором і  $30^\circ$  півн.ш. формується інтенсивна меридіональна циркуляція, що отримала назву циркуляційного осередку Гадлея. Пасати в нижній тропосфері, висхідні рухи в висотній зоні конвергенції (ВЗК), антипасати у верхній тропосфері і низхідні рухи в субтропічній зоні високого тиску утворюють прямі циркуляційні осередки Гадлея, що генерують кінетичну енергію.

Середня меридіональна циркуляція, більш слаба, в помірних широтах ( $30^\circ$ -  $60^\circ$  півн.ш.) утворює зворотний циркуляційний осередок Ферреля. Вона існує завдяки адвекції кінетичної енергії з півдня і півночі, від прямих осередків тропічної і полярної зон.

У полярному районі прямий циркуляційний осередок утворюється внаслідок підйому повітря біля  $60^\circ$  півн.ш. і опускання його в районі полюса. В верхній тропосфері переважає південне перенесення, в нижній тропосфері - північне.

Взимку сумарна циркуляція маси в осередку Гадлея досягає  $230 \cdot 10^6$  тонн/с, в той час як циркуляція маси в осередку Ферреля становить лише  $30 \cdot 10^6$  тонн/с. Влітку осередок Гадлея в північній півкулі зміщується на півночі на  $20^\circ$  широти і переносить порівняно невелику масу близько  $30 \cdot 10^6$  тонн/с, в той час як осередок Ферреля зберігає приблизно таку ж інтенсивність, як і взимку.

Крім середньої меридіональної циркуляції перенесення маси, механічної енергії, тепла із зони низьких широт у позатропічні райони здійснюється за рахунок процесів макротурбулентності - циклонічної і антициклонічної діяльності. Тобто циклони і антициклони помірних широт являють собою своєрідні елементи макротурбулентного обміну - циклони

переносять теплі повітряні маси на північ, антициклони - холодні повітряні маси на південь.

У тропосфері і стратосфері постійно виникають висотні фронтальні зони (ВФЗ), з якими пов'язані основні запаси потенційної і кінетичної енергії і активна циклонічна діяльність. Найбільші контрасти температури і тиску в північній півкулі відмічаються в північних частинах висотних гребенів і південних частинах висотних улоговин.

Виділяють зональний і меридіональний стан атмосферної циркуляції. Для зональної циркуляції характерні високі значення швидкості зональної складової потоку і великі хвильові числа ( $n=5\div 10$ ). Переважає швидке перенесення більшості синоптичних об'єктів із заходу на схід. При цьому осередки аномалій характеристик погоди орієнтовані переважно в зональному напрямі. Меридіональний стан характеризується невеликими хвильовими числами і стаціонаванням або повільним переміщенням висотних улоговин і гребенів. Аномалії характеристик погоди мають вигляд меридіонально орієнтованих областей, що чергуються.

У тропосфері північної півкулі існує декілька гілок планетарної висотної фронтальної зони (ПВФЗ). Надамо коротку характеристику кожної з них.

Арктична гілка ПВФЗ. Географічне положення осі коливається від  $68^\circ$  півн.ш. взимку до  $73^\circ$  півн.ш. влітку; хвильове число  $n=3\div 4$ . Інтенсивність, що характеризується швидкістю геострофічного вітру, коливається від 23,4 м/с зимою до 18,1 м/с влітку.

Північна гілка ПВФЗ помірних широт. Географічне положення осі коливається від  $56^\circ$  півн.ш. зимою до  $64^\circ$  півн.ш. влітку; швидкість геострофічного вітру коливається від 38,6 м/с зимою до 27,9 м/с влітку.

Південна гілка ПВФЗ помірних широт. Географічне положення осі коливається від  $39,3^\circ$  півн.ш. взимку до  $47,9^\circ$  півн.ш. влітку; швидкість геострофічного вітру коливається від 55,8 м/с взимку до 37,1 м/с влітку.

Субтропічна гілка ПВФЗ. Географічне положення осі коливається від  $29,7^\circ$  півн.ш. зимою до  $41,9^\circ$  півн.ш. влітку; швидкість геострофічного вітру коливається від 64,0 м/с зимою до 44,0 м/с влітку.

З висотними фронтальними зонами пов'язані атмосферні фронти, на яких розвивається циклонічна діяльність. Найбільша повторюваність циклонів і антициклонів в північній півкулі спостерігається поблизу

38° півн.ш. взимку і біля 48° півн.ш. літом, тобто приблизно на тих же широтах, де панує максимальне середньотропосферне західне перенесення. При цьому у циклонів після їх утворення існує тенденція переміщатися в напрямі до полюсів, а у антициклонів більш слаба тенденція переміщатися до екватора.

Географічний розподіл радіаційного балансу і обмін енергією між земною поверхнею і атмосферою створює в середньому надлишок тепла в низьких широтах і його дефіцит у високих, що призводить до безперервної генерації середньої зональної доступної потенційної енергії (ДПЕ). Ця енергія безпосередньо може перетворюватися в кінетичну енергію зонального потоку в осередку Гадлея в низьких широтах (шляхом конвекції), а зворотне перетворення здійснюється в осередку Ферреля поза тропіками. Завдяки накладенню вихрових збурень на зональне перенесення зональна ДПЕ безперервно перетворюється у вихрову доступну потенційну енергію, яка частково перетворюється у вихрову кінетичну енергію. Вихрова ДПЕ також може накопичуватися або розсіюватися безпосередньо внаслідок вивільнення прихованого тепла або під дією вихрового потоку тепла. Наведемо деякі оцінки інтенсивності енергетичного обміну [2].

Генерація (утворення) кінетичної енергії в осередку Ферреля взимку перевищує  $60 \cdot 10^{10}$  кВт, в осередку Гадлея – біля  $30 \cdot 10^{10}$  кВт. Загальне перетворення ДПЕ в кінетичну енергію для північної півкулі взимку оцінюється приблизно в 1012 кВт. Що стосується об'єктів синоптичного масштабу, то генерація кінетичної енергії в одному позатропічному циклоні середнього масштабу складає біля  $18 \cdot 10^{10}$  кВт, тобто досить лише 4-5 циклонів середнього масштабу і інтенсивності, щоб забезпечити всю кінетичну енергію, що генерується у позатропічній частині північної півкулі. Циклонічні і антициклонічні вихори з їх переважаючими системами висхідних і низхідних рухів повітря є відповідно тропосферними стоками і джерелами кінетичної енергії.

Розглянемо стисло сезонні особливості розподілу тиску на рівні моря в планетарному масштабі.

У екваторіальній зоні знаходиться пояс зниженого тиску. У січні він розташований вздовж екватора, в липні зміщується дещо до півночі. У північній півкулі на широтах 30-35° півн.ш. знаходиться зона максимальних значення тиску – субтропічні антициклони, які представлені основними

центрами – азорський антициклон в Атлантиці, гавайським антициклон – в Тихому океані. Ці центри зберігаються протягом всього року, змінюючи тільки свою інтенсивність і райони поширення. Це так звані постійні центри дії атмосфери (ЦДА), в цьому випадку баричні максимуми.

Взимку у позатропічних широтах на материках, які в цей час охолоджуються сильніше, ніж океани, утворюються області високого тиску. Так, основний максимум знаходиться в центрі Азіатського континенту – сибірський антициклон. Це сезонний центр дії атмосфери.

Влітку на материках у позатропічних широтах в прогрітому повітрі розташовуються області зниженого тиску, найбільш велика з яких – азіатська депресія (також сезонний ЦДА).

На північній межі зони помірних широт ( $60-65^{\circ}$  півн.ш.) в усі сезони знаходиться смуга зниженого тиску. Взимку яскраво виражена ісландська депресія, розташована в районі о. Ісландія, і алеутський мінімум, що знаходиться південніше Аляски. Це постійні ЦДА, однак літом ісландський мінімум виражений слабо, а алеутський поглинається азіатською депресією.

У південній півкулі на широтах  $30-35^{\circ}$  півд.ш також знаходиться зона підвищеного тиску з трьома основними центрами: південноатлантичний, південнотихоокеанський і південноіндійський субтропічні антициклони. Далі на південь розташовується передантарктична зона зниженого тиску.

У полярних областях обох півкуль в нижній тропосфері переважає зона підвищеного атмосферного тиску.

Розглянуті поля розподілу тиску є кліматичними, на фоні яких розвиваються погодоутворюючі процеси зі своїми індивідуальними структурними особливостями, які виявляються над окремими регіонами і можуть істотно відрізнитися від кліматичних даних.

Основна причина формування баричних систем і циркуляції повітряних мас – це неоднорідність термічного поля Землі, в першу чергу - відмінності в тепловому режимі екватора і полюсів. За В.В. Шулейкіним, у тропосфері формуються теплові машини двох типів. В тепловій машині першого типу екватор і тропічні пояси – нагрівачі, а другого типу – це сезонні зміни теплообміну між материками і океанами, тут взимку материки – холодильники, а океани – нагрівачі, влітку навпаки. Робота машини першого типу проявляється в широтно-зональній циркуляції атмосфери, а робота машини другого типу - в регіональній мусонній циркуляції.



Динамічна причина циркуляції атмосфери – це обертання планети навколо осі, внаслідок чого повітря, яке рухається, відхиляється вправо в північній півкулі та вліво - в південній. На планеті, яка обертається, виникає західно-східне перенесення повітря, тобто зональна складова циркуляції атмосфери. Однією з причин неоднорідності баричного поля і руху повітря є прихована теплота пароутворення, яка виділяється при конденсації водяної пари і переходить в повітря, завдяки чому рух триває [12].

## 2.2 Синоптичні умови виникнення сильного вітру

Сильні вітри швидкістю більше 15 м/с найчастіше фіксуються у південних та південно-східних областях України, з найбільшою повторюваністю у холодне півріччя. Сильні вітри, що продовжуються більше ніж 20 год, виникають в 24% випадків, від 10 до 20 год – в 35% випадків, від 3 до 10 год – в 36% випадків. Посилення вітру на термін менше 3 год спостерігається, як правило, влітку у середині дня. Звичайно воно є результатом впливу добового ходу температури. В 60% випадків швидкість вітру не перевищує 17 м/с. Швидкість 18...22 м/с відмічається у 32% випадків, а вище 22 м/с – у 8% випадків. Вітри швидкістю більше 28 м/с спостерігаються дуже рідко - 1% випадків і, в основному, у південних та південно-східних областях України.

Синоптичні процеси, що обумовлюють сильні вітри в Україні, можна розділити на дві групи. До першої групи можна віднести випадки формування антициклону над центральними або східними областями Росії при активізації циклонів над Середземним та Чорним морями. Друга група - випадки проходження циклонів або глибоких улоговин через територію України.

Процеси першої групи відзначаються значною стійкістю та обумовлюють тривалі і сильні східні та південно-східні вітри в південно-східній частині України, на Азовському морі і на більшій частині Чорного моря. Якщо центр антициклону розташований над східними районами Східної Європи або Казахстаном, від нього на захід, на Україну, спрямовано відріг, при цьому звичайно над сходом України спостерігається зростання, а над заходом - падіння тиску.

Якщо центр антициклону розташований над центральними або південними областями Європейської частини Росії, а Чорне море, Туреччину, Середземне море займає велика депресія, окремі циклони переміщуються по Чорному морю. Великі градієнти тиску, які формуються між антициклоном та депресією над Чорним морем, обумовлюють в південних та південно-східних областях України сильні східні та північно-східні вітри. Іноді вони охоплюють всю територію України. Найбільша повторюваність процесів цього типу відбувається протягом березня та квітня. Переважна швидкість вітру 17...22 м/с, максимальна 28...34 м/с, тривалість 1... 7 днів [10].

Особливо сильними північно-східні та східні вітри бувають на узбережжі Азовського моря та на східних схилах Донецького кряжу. Сильні вітри на узбережжі Азовського моря спостерігаються частіше на 10...15%, ніж у сусідніх районах України.

Ознаки можливого посилення вітру:

- за 12...18 год до посилення вітру спостерігається значне зростання тиску на Північному Кавказі і на сході України та падіння тиску в Криму і на Чорноморському узбережжі Кавказу;

- з упередженістю 12...18 год з'являються осередки зростання та зниження температури на поверхнях 500 і 300 гПа. Позитивний (додатний) осередок виникає над Чорним морем, негативний (від'ємний) - над Україною;

- антициклон на південному сході Росії або над Казахстаном стає малорухомим, а на півдні Росії формується висотний гребінь. Швидкість вітру перевищує 15 м/с, якщо баричний градієнт на поверхні землі більше 3...4 гПа/110 км взимку та 2...3 гПа/110 км влітку.

Сильні південно-східні та східні вітри на периферії антициклону супроводжуються пиловими бурями і суховіями. Інтенсивні суховії утворюються в теплий період року в останній стадії антициклогенезу над півднем Європейської території Росії. Тривалість суховійного періоду залежить від часу існування антициклону та депресії над Чорним морем. Найбільш часті та тривалі суховії в Херсонській, Миколаївській, Запорізькій та Луганській областях [3].

Сильні вітри при переміщенні циклонів та улоговин через Україну захоплюють різні райони в залежності від траєкторій. При переміщенні циклонів з заходу, сильні вітри найчастіше захоплюють північно-західну

частину України. У випадках переміщення пірнаючих циклонів з північного заходу в їх передній частині спостерігаються сильні південно-західні та західні вітри, а в тилівій частині - північно-західні та північні. Якщо пірнаючий циклон переміщується на східні області Східної Європи, то в Україні вітер посилюється в передній частині або в тилу його улоговини. Швидкість вітру може досягати 35...40 м/с.

У випадку виходу південних циклонів сильні вітри в Україні найбільш часті, коли південний циклон зароджується над Середземним морем і зміщується в північно-східному напрямку, через Балкани та захід Чорного моря, наближаючись до західної периферії азіатського антициклону. При наявності ізольованого циклону над Середземним морем або Балканами циклони розвиваються над західною частиною Чорного моря та Малою Азією і переміщуються на південь України. В їх передній частині спостерігається значне падіння тиску, інколи воно досягає 6...7 гПа, а в тилу циклонів зростання тиску сягає 3...5 гПа за 3 год. Якщо на сході України зберігається відріг високого тиску, то на заході України зростають східні та південно-східні вітри, які після виходу циклону змінюються південними. При зміщенні південних циклонів на крайні західні та північно-західні райони України вітри швидкістю більше 12 м/с спостерігаються рідко.

Північно-східні та східні шторми на Чорному та Азовському морях виникають у більшості випадків при переміщенні циклонів з території Малої Азії на схід Чорного моря, якщо на півдні Східної Європи розміщується антициклон. Сильні вітри найбільш часто відмічаються у районі Керчі - Туапсе.

Якщо циклони переміщуються по Чорному морю з заходу, то при наявності антициклону на півночі цього району сильні вітри спостерігаються в північній частині моря, в окремих випадках швидкість вітру досягає 28 м/с.

У другій половині весни та влітку при нестійкій стратифікації повітря в денні години вітер може посилюватися і при малих градієнтах тиску. Ознакою вірогідного посилення вітру є велика добова амплітуда температури. Вертикальні градієнти температури в приземному шарі в ранкові години перевищують 0,6...0,7 °C/100 м. Влітку добовий хід швидкості вітру досягає 8...10 м/с, взимку він майже відсутній [6].

Відомо, що сильні вітри спричиняють штормові умови на водяних об'єктах, тобто ці два явища взаємопов'язані. Подібні дослідницькі роботи

[11] були виконані вченими Севастопольської Гідрометеорологічної обсерваторії та Морського гідрофізичного інституту НАНУ (Наумова В.А., Воскресенська О.М., Євстигнєєв М.П. та Євстигнєєв В.П.) для Азово-Чорноморського узбережжя. Вчені провели класифікацію великомасштабних синоптичних процесів, які призводять до виникнення штормів в Азово-Чорноморському регіоні з висотою хвиль від 3 м і вище, оскільки до цього часу така типізація була відсутня. Для цього застосовувався метод кластерного аналізу стандартного пакету статистичних програм Statistika 5. Кластерний аналіз випадків штормових хвиль в Азово-Чорноморському басейні України проводився окремо по групах висот: 5 м і більше, 4,0 - 4,9 м, 3,5 - 3,9 м і 3,0 - 3,4 м за період 1954-2008 р. Таких випадків спостерігалось відповідно 45, 81, 106 і 210. В якості вихідних даних використовувалися відхилення абсолютних значень геопотенціальної висоти баричного поля поверхні АТ-500 гПа від його середнього значення, нормовані на середнє квадратичне відхилення (СКВ) поля.

В результаті кластерного аналізу було виявлено чотири типи основних синоптичних процесів, що призводять до штормів в Азово-Чорноморському регіоні з висотою хвиль 3 м і більше: західний (I тип), змішаний (II тип), центральний (III тип) і східний (IV тип). При цьому для західного і змішаного типів виділено два підтипи, макросиноптичні умови яких значно різняться між собою по відношенню до Азово-Чорноморського регіону (рис. 2.1). Так в одному з підтипів західного типу здійснюється північно-західний перенос повітряних мас, а в іншому - північно-східний, східний. Аналогічно в одному з підтипів змішаного типу перенесення повітряних мас здійснюється з півдня на Чорне море, в іншому випадку – з півночі, північного заходу. Найбільш повно типи і підтипи представлені для синоптичних ситуацій штормів з висотою хвилі 4,0 – 4,9 м.

У переважній більшості всі випадки штормового хвилювання в Чорноморському регіоні відповідають меридіональному типу атмосферної циркуляції. При зональній формі циркуляції висота хвилі 3 м і більше не спостерігається, так як в зональних процесах географічна локалізація гребенів і улоговин в силу їх значної рухливості і малої амплітуди не роблять істотного впливу на загальні характеристики макропроцесу. Примітно, що раніше в роботі [8] А.Л. Кац емпірично розділив меридіональний тип циркуляції також на чотири форми в залежності від локалізації висотних

гребенів на просторі першого природного синоптичного району: західний - біля західного узбережжя Європи, центральний - взимку над заходом, а влітку - над сходом Європейської території Росії (ЄТР), східний - над Західним Сибіром і змішаний - два висотних гребеня. Ця типізація підтверджує справедливість класифікації, проведеної методом кластерного аналізу. Таким чином, отримані типи можуть бути взяті за основу класифікації синоптичних процесів, що призводять до штормів в Азово-Чорноморському регіоні.

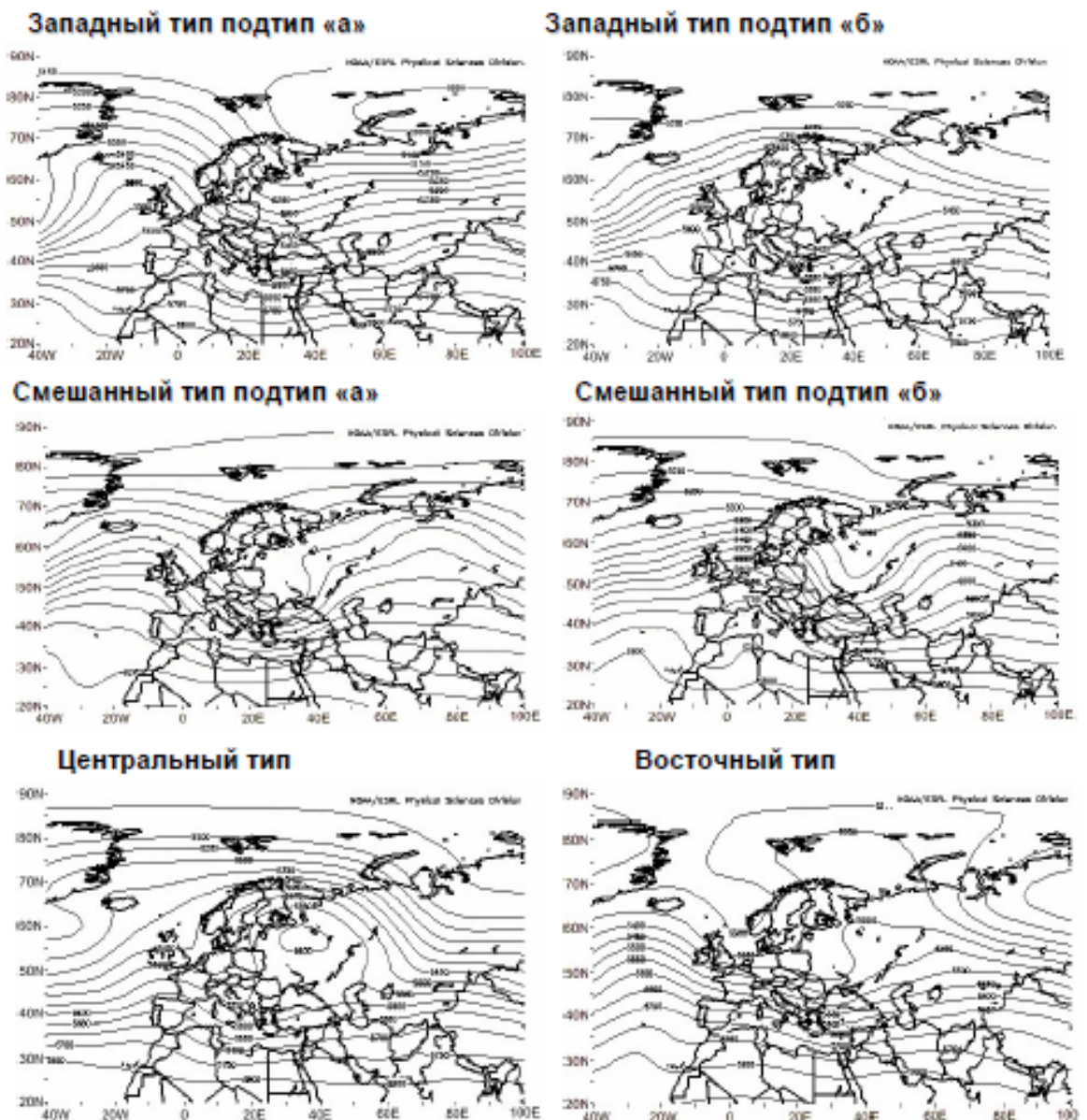


Рис. 2.1. Композит синоптичних ситуацій виділених типів хвиль висотою 4,0 - 4,9 м за період 1954-2008 рр. у Чорному морі [11] (мовою оригіналу)

Аналіз повторюваності типів (рис. 2.2) серед усього числа обраних штормів дозволив встановити, що в Азово-Чорноморському регіоні найбільш часто спостерігаються шторми змішаного типу; дещо рідше спостерігаються шторми західного типу підтипу «а» та східного типу, а в період розвитку синоптичних процесів I типу підтипу «а» штормові умови відзначаються у всіх районах Чорного моря. Найчастіше шторми з висотою хвиль, що перевищують 5 м, спостерігалися при II типі (64.5%).

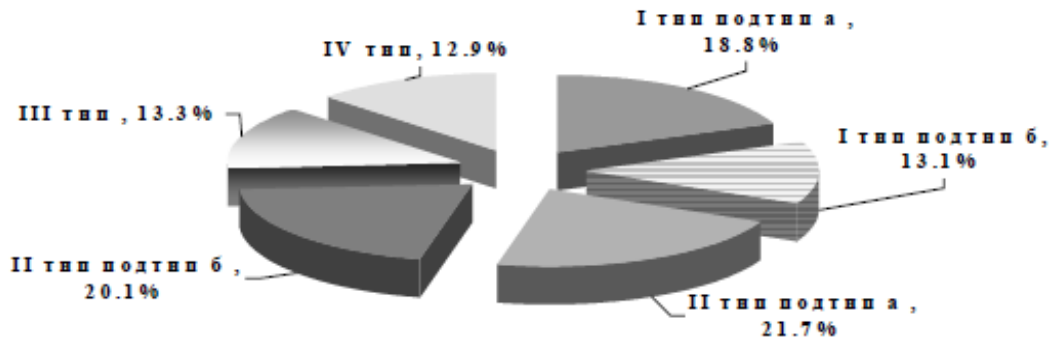


Рис. 2.2. Повторюваність (%) типів синоптичних процесів для штормів з висотою хвиль 3 м і більше [11] (мовою оригіналу)

На наступному етапі робіт вченими було проаналізовано синоптичні процеси біля поверхні землі. Для вирішення цієї задачі використані збірно-кінематичні карти за період з 1954 по 2008 рр., в результаті чого були обрані основні баричні об'єкти (утворення), під впливом яких формується штормова погода в Азово-Чорноморському регіоні. До таких об'єктів віднесено циклони (південні, пірнаючі), локальні циклони (південні, пірнаючі), барична улоговина (табл. 2.1).

У переважній більшості випадків, шторми спостерігалися при виході на Азово-Чорноморський регіон або Україну, південних (56%) і пірнаючих (26%) циклонів, на частку яких припадає 82% випадків. При цьому для штормів з висотою хвиль від 3,0 до 4,9 м виходи південних циклонів повторювалися рівно в 2 рази частіше, ніж пірнаючих циклонів. Хвилі ж з висотою більше 5,0 м вже в 3 рази частіше спостерігалися при виході південних циклонів по відношенню до пірнаючих.

Таблиця 2.1 - Повторюваність (%) баричних об'єктів для випадків висоти хвиль 3 м і більше в Азово-Чорноморському регіоні України за період 1954-2008 рр. [11]

Баричні об'єкти	Висота хвилі, м				
	≥ 5,0	4,0 - 4,9	3,5 - 3,9	3,0 - 3,4	Загальна
південні циклони	63	55	55	54	56
локальний циклон (південний)	0	4	1	1	1
улоговина (з півдня)	4	4	5	8	6
"пірнаючі" циклони	20	31	26	25	26
локальний циклон (пірнаючий)			2	3	2
улоговина (з північного заходу)	2	4	5	4	4
південний/"пірнаючі" циклони	11	2	6	5	5

Таким чином, більша частина штормів (68%) незалежно від типів меридіональної циркуляції визначається процесами з півдня. З цієї причини додатково проведено аналіз районів утворення південних циклонів і подальше їх переміщення на один з районів Чорного моря. Аналіз проводився для всіх типів і підтипів з використанням збірно-кінематичних карт за період 1954-2008 рр. Чорне море умовно було поділено на три райони: захід і північний захід - А; центр - Б; південний схід - Ст. День виходу циклону на один з районів Чорного моря визначався по максимальній висоті хвиль на одному з трьох пунктів, що відображають вітро-хвильові умови зазначених районів. На рис. 2.3 представлені райони утворення циклонів (еліпси) і райони Чорного моря (у виносках) і їх повторюваності.

Аналіз рис. 2.3 дозволяє зробити висновок, що найчастіше південні циклони, що викликають шторм, утворюються над Чорним морем (30%) і в більшості випадків розташовуються над південним сходом Чорного моря (53%).

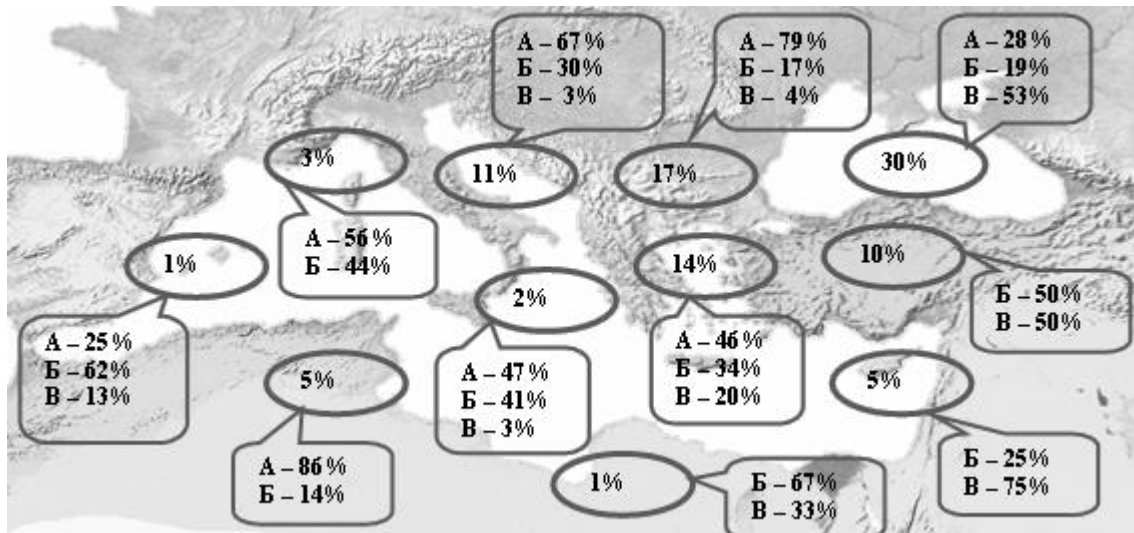


Рис 2.3. Розподіл районів зародження південних циклонів при всіх типах макросиноптичних процесів для випадків висоти хвиль 3 м і більше в Азово-Чорноморському регіоні України [11]

Майже в рівних пропорціях розподілилися випадки з виходом циклонів з Балканського півострова (17%), з Егейського моря (14%), дещо нижчий - з Адріатичного моря (11%), але в даних випадках найчастіше вихід циклонів здійснювався на північно-західний район Чорного моря.

### 2.2.1 Циклонічна діяльність над акваторією Чорного моря

Знижений тиск над Чорним морем в холодне півріччя досить чітко простежується на середньомісячних картах і підтверджується даними про число днів з циклонічною та антициклонічною діяльністю. При цьому, перевага циклонічної циркуляції над антициклонічною досить добре виражена тільки над східною частиною Чорного моря, тоді як над його західними акваторіями цього не спостерігається. Останній факт свідчить про те, що знижений тиск над Чорним морем протягом більшої частини холодного півріччя, мабуть, не пов'язаний із середземноморською депресією, а підтримується як за рахунок місцевого циклогенезу, пов'язаного із впливом терміки вод моря і орографії, так і циклонів, що переміщуються з інших районів. Тому найбільшого розвитку чорноморська депресія досягає в січні-



лютому, тобто в період найбільш сприятливих умов для місцевого циклогенезу і розвитку циклонічної діяльності над Середземномор'ям.

Тривалість перебування циклонів над Чорним морем досить значна, тому циклони, що приходять з інших районів на східну частину моря, в більшості своїй встигають повністю заповнитися (середній тиск в центрі складає біля 1003 гПа). За межі моря переміщуються в основному тільки місцеві циклонічні утворення і циклони, що переміщуються через його західну частину [15].

У період активізації чорноморська депресія нерідко розвивається у високе баричне утворення і подібно центральним циклонам впливає істотним чином на еволюцію, швидкість і напрямок переміщення південних циклонів. При розгляді умов, що викликають активізацію депресії, найбільше значення мають два основних процеси, пов'язані з:

- циклонічною діяльністю над середньою частиною Середземного моря, внаслідок якої здійснюється адвекція холоду з північного заходу і заходу спочатку на Середземне море, а потім на Балкани і Чорне море;

- циклонічною діяльністю над східною частиною Середземного моря і Малою Азією при одночасному інтенсивному антициклогенезі над південно-східними або центральними районами Східної Європи. У цьому випадку крім перенесення холодної повітряної маси із заходу на східну частину Середземномор'я одночасно спостерігається потужний винос холодного повітря зі сходу або північного сходу на південні райони України і північний схід Балкан.

При здійсненні першого процесу чорноморська депресія залишається низьким баричним утворенням. У цей час середземноморські циклони, що проходять через Чорне море, істотно не змінюють свого напрямку, але поглиблюються, а місцеві циклони, що виникають над західною частиною моря і гирлом Дунаю, швидко розвиваються і переміщуються на північно-східні райони України, де вони звичайно досягають найбільшого розвитку. У більш рідких випадках переміщення їх здійснюється в північному напрямі на центральні райони України. При здійсненні другого варіанту процесу чорноморська депресія часто розвивається у високий циклон. Безпосередньою причиною цього є затримка циклону, що переміщується з районів Малої Азії при наявності блокуючого антициклону над південним сходом європейської частини Росії з гребенем, орієнтованим на Україну і

Балкани. Одночасно з цим посилюється адвекція холоду на захід від Чорного моря, що сприяє активізації висотної фронтальної зони (ВФЗ) над півднем Європи і Середземним морем. Циклони, що виникають під дельтою ВФЗ над східною частиною Середземного моря і Малою Азією, виходять до Чорноморського узбережжя Кавказу, де затримуються і заповнюються в районі Сочі-Сухумі або Керченської протоки [13].

### 2.2.2 Південні циклони

Циклони, які переміщуються на північ з великою південною складовою, називаються південними. Для території України - це циклони, які зароджуються над Чорним і Середземним морями і, в більшості випадків (57%), поглиблюються безпосередньо над Україною, викликаючи різкі зміни погоди (інтенсивні опади, завірюхи, штормові вітри, ожеледь, значні коливання температури).

З загального числа південних циклонів, що переміщуються на Україну, 48% з них виникає в західних районах Середземного, а 52% - Чорного морів. При цьому значна їх частина (47%) заглиблюється над Чорним морем і низов'ями Дунаю. Частіше за все (біля 22%) це відбувається в лютому і березні, а також в жовтні (11%).

Загальною ознакою механізму виникнення південних циклонів є меридіональний характер макроциркуляційних процесів, що впливають на формування сприятливих для місцевого циклогенезу термодинамічних умов [2].

Головною особливістю синоптичних процесів, сприяючих виникненню південних циклонів, є наявність стаціонарного циклону над півднем Скандинавії або Західною Європою. Висотна барична улоговина при цьому орієнтована з північного сходу на південний захід - частіше за все на західні райони Середземномор'я. Місце виникнення південних циклонів і характер їх подальших траєкторій (рис. 2.4) залежать від конкретної географічної локалізації висотної улоговини.

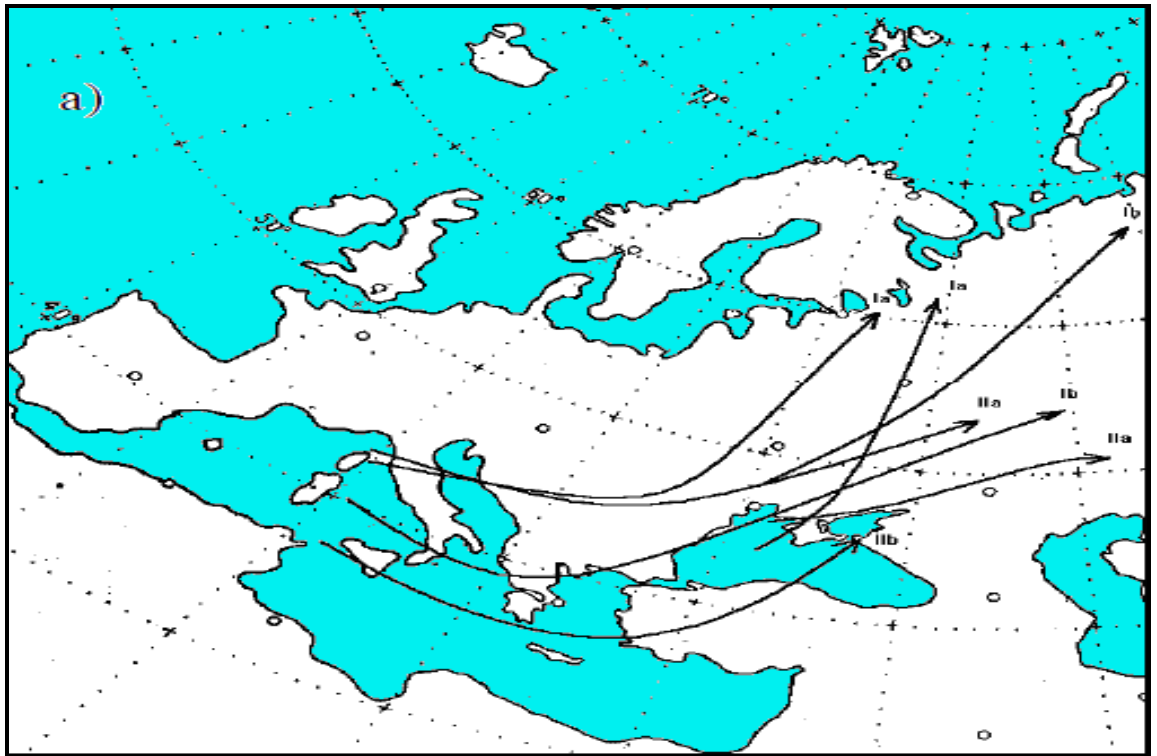


Рис. 2.4. Траєкторії південних циклонів (типізація Більської Н.Н.) [12]

Погодні умови південних циклонів, при проходженні через територію України, супроводжується тривалим погіршенням погодних умов. Взимку спостерігаються штормові вітри і хуртовини, які охоплюють південну половину України, тумани і ожеледь. Штормові вітри і хуртовини рідко продовжуються менше однієї доби. Звичайно вони спостерігаються протягом декількох днів, то слабшаючи, то посилюючись. Нерідкі випадки, коли вони не припиняються протягом 5...6 діб. Тривалість туманів і ожеледі значно менше, хоч вони можуть спостерігатися на протязі доби і більше. Навесні і восени спостерігається випадіння опадів (звичайно протягом 4...6 днів) зливого характеру, і лише при руйнуванні блокуючого гребеня або зміщенні на схід антициклону вони припиняються. Вихід південних циклонів супроводжується значним збільшенням баричних градієнтів у пов'язаній з антициклоном зоні, розташованим над центральними або східними районами Східної Європи. Зимом величезні зони хуртовин розповсюджуються вздовж траєкторії в більш північні широти [12].

### 2.2.3 Західні циклони

Положення траєкторій і активність західних циклонів помітно розрізняються по сезонах. Це зумовлене як змінами широтних контрастів температури над Європою від сезону до сезону, так і температурними відмінностями між океаном і материком. Взимку більш теплий в порівнянні з материком океан спричиняє збільшення північної складової в середніх траєкторіях західних циклонів. У літні місяці в напрямі переміщення може переважати південна компонента.

У конкретному випадку та або інша компонента в західних циклонах залежить від міри розвитку висотних улоговин і гребенів. У холодне півріччя при значних контрастах температури між полярними і субтропічними районами створюються сприятливі умови широтного (зонального) перенесення повітря в тропосфері. Циклони, виникаючи над відносно теплою океанічною поверхнею Північної Атлантики, швидко розвиваються, переміщуються через Західну і Східну Європу, нерідко досягаючи Уралу.

Над Європою виділяють три основні групи західних циклонів (по Ван Бабберу, М.А. Рикачеву, О.Г. Крічаку) (рис. 2.5).

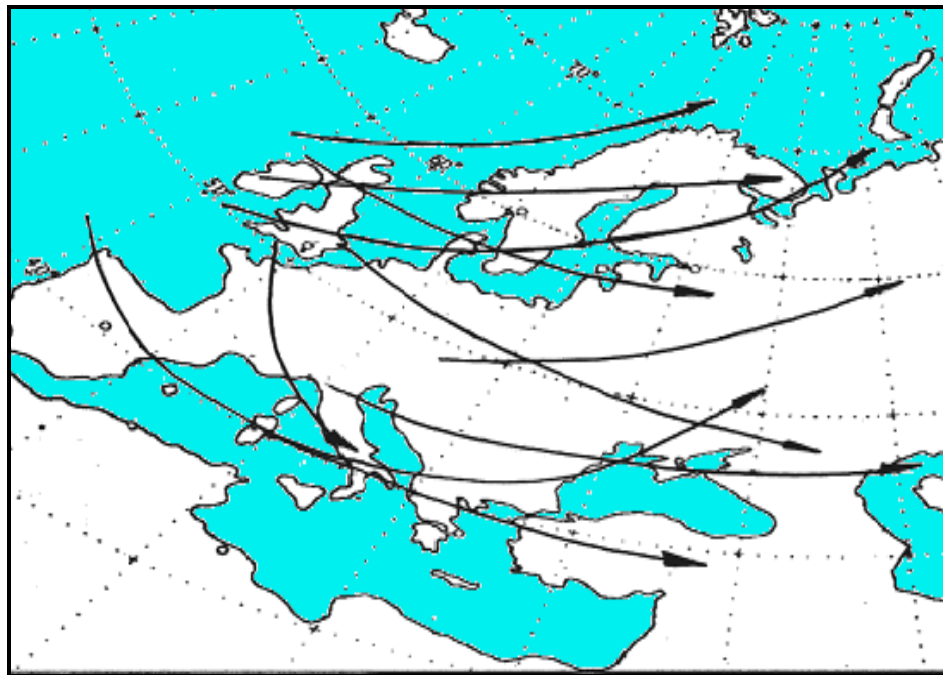


Рис. 2.5. Траєкторії західних циклонів [12]

Погодні умови західних циклонів відрізняються досить складними погодними умовами. У холодну половину року вони приносять теплі атлантичні маси повітря, що викликають нерідко тривалу відлигу. Для передньої і тилової частин циклонів характерні сильні вітри і завірюхи. Часте чергування атмосферних фронтів при серії західних циклонів спричиняє швидку зміну погоди при змінах різних повітряних мас [5].

#### 2.2.4 Пірнаючі циклони

Як відомо, в помірних широтах при меридіональному перетворенні атмосферної циркуляції складаються сприятливі умови для виникнення і розвитку циклонічних утворень. В залежності від сезону року, напряму повітряних потоків, району виникнення характер розвитку і погодні умови циклонів можуть відрізнитися великою різноманітністю. Переважаючі макроциркуляційні процеси визначають відповідні типові траєкторії переміщення циклонів: західні, південні і пірнаючі циклони. Між циклонічними серіями виникають, як правило, заключні антициклони, які в холодний період року часто є відрогами сибірського антициклону.

Одним з найцікавіших і маловивчених процесів є так звані пірнаючі циклони. По найбільш загальному визначенню, пірнаючими називають циклони, які зміщуються з високих широт в низькі з великою північною складовою.

До теперішнього часу найбільш загальноповживаною є класифікація пірнаючих циклонів, запропонована Чорною В.Ф. По районах виникнення і переміщення циклонів виділяють три типи їх траєкторій (рис. 2.3):

- до I типу відносять північно-західні циклони, що переміщуються з Норвезького моря і Скандинавії на західні і південні райони Східної Європи (Білорусь, Україна, центральні райони Росії);
- у II тип включають циклони, що зміщуються з Баренцева моря на північні і східні райони Східної Європи;
- III тип складають циклони, які зміщуються з Карського моря на східну половину Європейської території Росії.

Характер траєкторій пірнаючих циклонів залежить від положення висотної фронтальної зони (ВФЗ), яке, в свою чергу, визначається розташуванням висотного циклону і антициклону.

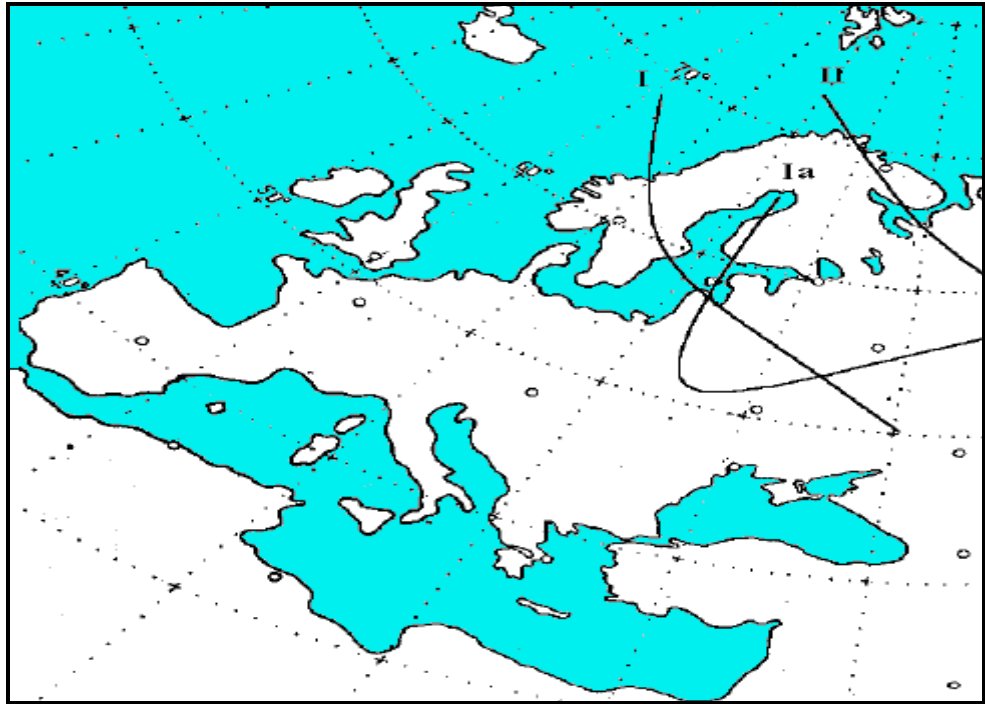


Рис.2.6. Траєкторії пірнаючих циклонів [12]

Найбільша повторюваність пірнаючих циклонів доводиться на холодний період року, а саме з жовтня по березень, коли в атмосфері створюються найбільш сприятливі умови для меридіональної перебудови висотних полів тиску і температури і загострення висотної фронтальної зони. Велике значення в формуванні висотної фронтальної зони мають температурні контрасти між теплою водною поверхнею Північної Атлантики і вкритою льодом частиною полярного басейну, а також температурні умови на межі полярної ночі [11].

### 3 КРИТЕРІЇ АТМОСФЕРНОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ ТА ТИПИ СИНОПТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

#### 3.1 Методи визначення критеріїв атмосферної циркуляції

Типи циркуляції встановлюються шляхом класифікації (розподілу) безперервної послідовності синоптичних процесів на ряд стійких станів за допомогою критеріїв класифікації.

Для успішного встановлення типів циркуляції дуже важливий вірний вибір критеріїв класифікації. Він не повинен бути занадто жорстким, так як при цьому далеко не всі синоптичні процеси можна буде віднести до того чи іншого типу циркуляції, безперервний архів типів не сформується, що в значній мірі ускладнює наукову і практичну діяльність в галузі довгострокових прогнозів. Критерій класифікації не повинен бути і занадто розпливчастим, оскільки в цьому випадку до одного й того ж типу можуть бути враховані принципово різні синоптичні процеси.

Вибір критеріїв класифікації повинен також відповідати меті самої класифікації. В синоптичній метеорології, мета якої – створення методів прогнозу погоди, в якості подібних критеріїв виступають положення у просторі висотної фронтальної зони (ВФЗ) або траєкторій основних баричних утворень, саме тому, що вони відповідають за формування характеру погоди [1].

Класифікації синоптичних процесів можуть бути регіональними (Арктика, Антарктика, Європа, Далекий Схід, Північна Америка та ін.) Усе залежить від району та строку дії методу прогнозу, який складається, а також від наукової ідеології, закладеної в основу методу.

Оскільки атмосферні процеси мають велику мінливість та рідко бувають стаціонарними впродовж місяця та сезону, усі класифікації створюють для відносно коротких інтервалів часу. Це – природно синоптичний період (5 – 7 діб), елементарний синоптичний процес (3 – 4 доби), елементарний циркуляційний механізм (4 – 5 діб). Для характеристики особливостей циркуляції атмосфери впродовж тривалих строків (місяць, сезон, рік, циркуляційна епоха) використовується

повторюваність типів циркуляції в абсолютних значеннях та у відхиленнях від норми.

Регіональна класифікація синоптичних процесів А. Л. Каца. Класифікація розроблена з метою опису синоптичних умов впродовж природно синоптичного періоду (ПСП) та використовується в методах середньострокових, місячних і сезонних прогнозів. Класифікація призначена для характеристики умов циркуляції атмосфери на просторі Європи та Західного Сибіру.

Критерієм визначення типів циркуляції являється географічне положення висотних улоговин і гребенів на карті АТ-500. Для об'єктивізації виділення типів використовується розрахунок індексів зональної  $I_z$  та меридіональної  $I_m$  циркуляції А.Л. Каца в північній ( $52 - 70^\circ$  півн.ш.) та південній ( $35 - 52^\circ$  півн.ш.) зонах усього району класифікації.

Для розрахунку індексів спочатку за значенням загального індексу  $I' = I_z + I_m$  визначають відношення синоптичного процесу до зонального типу, або до одного з меридіональних. Критерієм відношення процесу до зонального типу (ЗОН) є нерівність  $I' < 0,75$ . Меридіональних типів циркуляції усього чотири і визначаються вони за розташуванням висотних гребенів відносно центра Східної Європи. Розрізняють центральне положення гребеня (тип Ц), західне положення (тип З), східне положення (тип В) і змішане положення, коли на території класифікації є два гребені – один на схід, а другий на захід від центру Східної Європи (тип С). Таким чином, класифікація А. Л. Каца містить 5 типів циркуляції. Практика показала, що їх достатньо для опису головних рис циркуляції у межах ПСП.

Цінність даної класифікації міститься у тому, що кожному типу циркуляції відповідає свій типовий розподіл осередків аномалій температури повітря та опадів по території, при чому моделі цього розподілу для різних типів циркуляції значно відрізняються одна від одної. Це свідчить про високу якість класифікації, про те, що визначені типи дійсно характеризують принципово різні умови погоди [7].

Існують і сезонні різниці погоди при одному й тому типі циркуляції. Так, взимку тип Ц обумовлює встановлення на Східній Європі ясної морозної погоди. Цей же тип влітку характеризується також ясною, але аномально спекотною погодою, яка при стійкості типу Ц впродовж декількох ПСП приводить до виникнення засухи. Тип ЗОН влітку формує прохолодну та



часто дощову погоду, а взимку – значні потепління, які також супроводжуються опадами.

Класифікація атмосферних макропроцесів по Г.Я. Вангенгейму – О.О. Гірсу. Основи класифікації запропоновані Г.Я. Вангенгеймом в 1930-х роках в процесі розробки методу фонових довгострокових прогнозів температури повітря та льодовитості морів в Євразійському секторі Арктики. Великомасштабні процеси спочатку класифікувалися по знаку географічної локалізації основних виносів тепла і холоду, а також головних баричних утворень впродовж елементарного синоптичного процесу (ЕСП). Всього на просторі Атлантико-Євразійської частини північної півкулі було визначено 26 різновидів (типів) ЕСП, які називалися за районами вторгнення полярних антициклонів в Європу: гренландський, англійський, лапландський та інші. Ряд типових ЕСП віддзеркалював інші особливості циркуляції: західний перенос, пояс високого тиску, стаціонування антициклонів в помірних широтах. Згодом усі типи ЕСП були зведені в три форми атмосферної циркуляції за ознакою переваги певних напрямків переносу повітряних мас: західну W, східну E та меридіональну C. При цьому О.О. Гірс пропонував використовувати в якості критерію класифікації конфігурацію висотної фронтальної зони на картах АТ-500. Західна форма циркуляції W відбиває перевагу зональних процесів, при яких баричні утворення зміщуються на Європу переважно з Атлантики. Форми E та C відповідають меридіональним станам циркуляції атмосфери [8].

При формі E над Європою встановлюється потужний гребінь, над Атлантикою і Західним Сибіром відмічаються сполучені з ним висотні улоговини. З таким положенням ВФЗ у поверхні землі часто пов'язано переміщення антициклонів зі сходу на захід, так зване «насування сибірського антициклонів». Саме воно разом з південно-східними вітрами приносить взимку в помірні широти Європи сибірські морози. При іншому розвитку процесів східного типу вісь висотного гребеня зміщується на захід, західно-сибірська улоговина поглиблюється, і по гілці ВФЗ, орієнтованій з північного сходу на південний захід, здійснюються так звані «ультра-полярні вторгнення» арктичних антициклонів в Європу. Взимку вони обумовлюють сильні морози, а влітку сприяють формуванню посух.

При процесах форми C над Європою розташована висотна улоговина, а над Атлантикою і Західним Сибіром – сполучені з нею гребені. Здійснюється

потужний винос атлантичного тепла в Арктику, а на Європу з північного заходу спрямовуються так звані «пірнаючі циклони», що несуть з собою похолодання і опади, як взимку, так і влітку.

Розвиток мережі спостережень і поява глобальних карт дали змогу О.О. Гірсу розповсюдити класифікацію атмосферних процесів на усю північну півкулю [5]. Це дуже важлива якість його класифікації, оскільки синоптичні процеси в західній та східній півкулях, особливо у тривалі періоди, виявилися тісно пов'язаними між собою.

В американсько-тихоокеанському секторі було також визначено три форми циркуляції Z, M1, M2, у яких основні особливості циркуляції, тобто розподіл улоговин та гребенів над відповідними континентами і океанами, практично схожі з формами W, E, C в атлантико-європейському секторі. Циркуляція над усією північною півкулею характеризується сполученням форм в обох секторах, що дає дев'ять основних форм макропроцесів: W3, WM1, WM2, E3, EM1, EM2, C3, CM1, CM2.

Для кожної з основних форм макропроцесів по північній півкулі побудовані типові поля розподілу середніх місячних значень приземного тиску та аномалій температури повітря, котрі використовуються для фонового прогнозу погоди за методикою Арктичного та Антарктичного науково-дослідного інституту (ААНДІ).

Елементарні циркуляційні механізми за Б.Л. Дзердзієвським, В.М. Курганскою, З.М. Вітвицкою. Ця класифікація синоптичних процесів заснована на врахуванні циркуляційного зв'язку між північчю і півднем північної півкулі, яка характеризується кількістю та напрямком арктичних вторгнень у помірні широти. Подібний підхід був використаний в початковому варіанті класифікації Г.Я. Вангенгейма – О. О. Гірса. Загалом полярні вторгнення та пов'язані з ними меридіональні збурення атмосферної циркуляції з часів засновника довгострокових прогнозів у Росії Б.П. Мультановського неодноразово використовувались і як критерій класифікації синоптичних процесів, і як предиктор у багатьох схемах довгострокових прогнозів. Це цілком закономірно, тому що на початку будь-якого прогнозу атмосферної циркуляції повинна бути сформульована відповідь на запитання, чи буде очікувана циркуляція зональною або меридіональною. Головний «порушник» зонального переносу – вторгнення

антициклонів із полярних, а іноді і з південних широт (субтропічні центри дії атмосфери).

На просторі північної півкулі Б.Л. Дзердзієвський і його учні визначили 13 елементарних циркуляційних механізмів (ЕЦМ). Для кожного ЕЦМ були побудовані типові карти траєкторій баричних утворень та середнього тиску. Усі ЕЦМ об'єднані в чотири великі групи. В першій групі переважає зональний процес (арктичні вторгнення відсутні). В другій групі переважає ЕЦМ з одним арктичним вторгненням, але в різних районах. До третьої групи відносять ЕЦМ з двома і більш одночасними вторгненнями антициклонів. До четвертої групи увійшли синоптичні процеси, де полярний район зайнятий циклонами (арктичний антициклон відсутній).

Існує велика кількість інших, окремих класифікацій метеорологічних полів: тиску, температури повітря, кількості опадів і т.п. Усі вони створені для вирішення конкретних задач дослідження або прогнозу атмосферних процесів. Сучасні класифікації, як правило, засновані на використанні статистичної процедури розпізнання образів [7].

### 3.2 Типи синоптичних процесів

В результаті аналізу аеросиноптичного матеріалу за даними приземних спостережень в Північно-Західному Причорномор'ї виявлено шість типів синоптичних процесів, обумовлених формуванням вітру. Більшість типів, очевидно необхідно додатково підрозділити на декілька підтипів, які більш детально характеризують особливості конкретного типу.

Тип 1. Периферійні атмосферні процеси, до яких відносяться переноси з північною, східною, західною та південною складовою (рис. 3.1).

Підтип 1.1. Західний та північно-західний переніс. Він формується на південній периферії циклону та північній периферії антициклону помірних широт. Ця ситуація спостерігається тоді, коли район Одеси знаходиться в малоградієнтному полі при переході від циклону, стаціонарним над Баренцевим морем, в зоні підвищеного тиску над районами Туреччини та східною частиною Середземного моря. Також для даного типу, характерний вплив улоговини, орієнтованої переважно з північного-заходу від циклонів, які знаходяться над районами північної Атлантики.

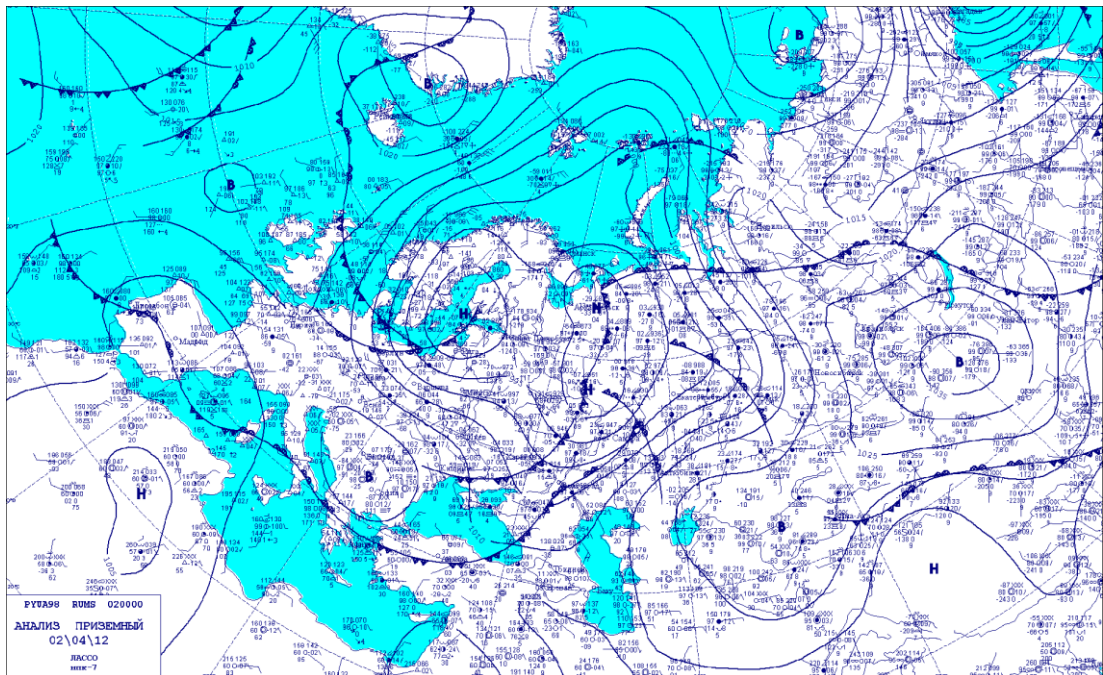


Рис. 3.1. Аналіз приземний за 02.04.2012 р.

Підтип 1.2. Південний переніс включає процеси, які спостерігаються в передній частині циклону та на західній периферії антициклону. Зазвичай такий підтип синоптичної ситуації спостерігається в том випадку, коли Одеса знаходиться в малоградієнтній зоні, сформованій внаслідок блокування циклону, який переміщується з Норвежського та Баренцевого морів, Сибірським антициклоном.

Підтип 1.3. Східний переніс формується на північній периферії циклону та в південній частині антициклону. Найчастіше це відбувається при розміщенні Одеси на південній периферії антициклону, стаціонарного над районами центральної Росії. Але можна відмітити що до такого типу циркуляції також призводить існування гребня, орієнтованого зі сходу.

Підтип 1.4. Північний переніс виникає за рахунок стаціонару області підвищеного тиску над районами Європи та циклонів над північчю Європейської частини Росії, які переміщуються з районів північної Атлантики та Скандинавії.

Тип 2. Циклонічна циркуляція (рис. 3.2).

Підтип 2.1. До цього типу відноситься зона зниженого тиску, яка включає до себе: центр циклону та улоговини з південною і східною складовою, пов'язані з виходом південних циклонів, а також улоговин

орієнтованих з півночі та північного-заходу, утворені циклонами, сформованими в районі північної Атлантики.

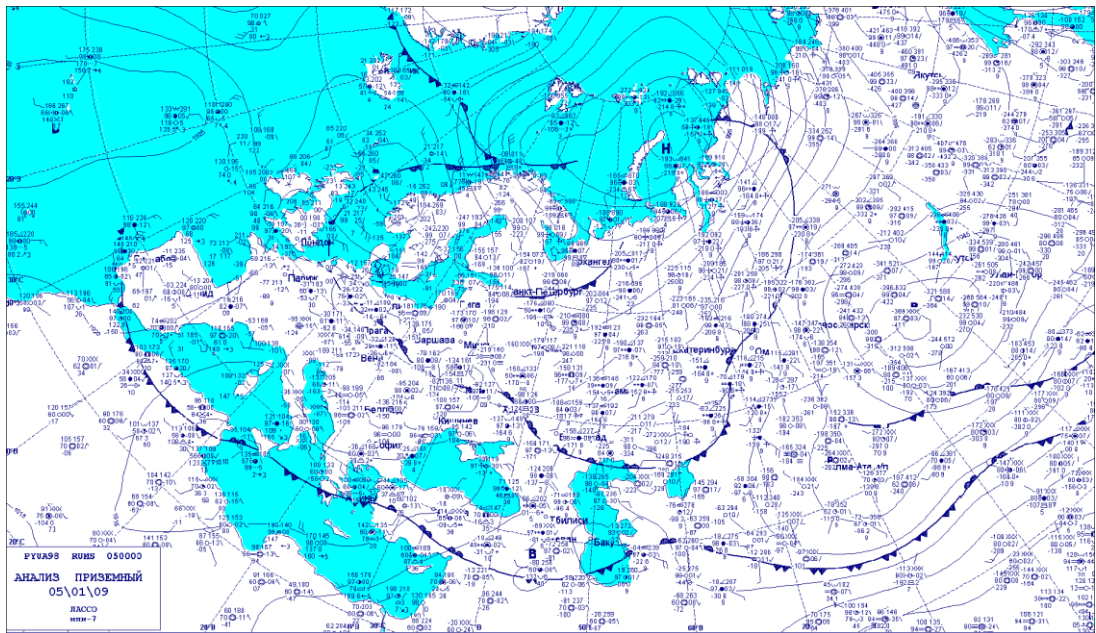


Рис. 3.2. Аналіз приземний за 05.01.2009 р.

Підтип 2.2. Переміщення улоговин із заходу, які пов'язані з циклонами північних широт, які переміщуються із заходу на схід над північними районами Росії.

Тип 3. Антициклонічна циркуляція. Даний тип включає в себе гребні, орієнтовані із заходу та сходу, а також малоградієнтні поля підвищеного тиску (рис. 3.3).

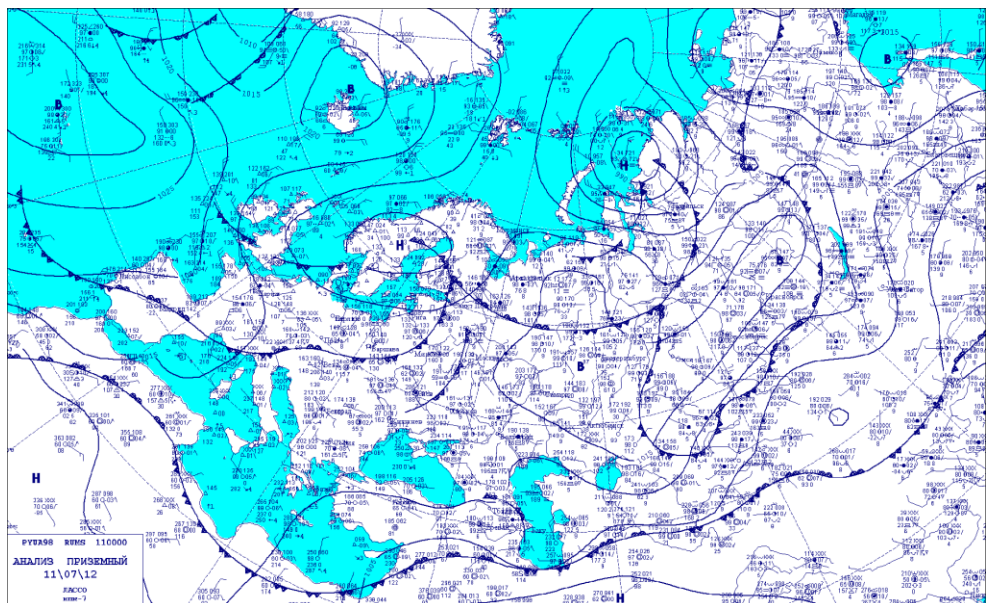


Рис. 3.3. Аналіз приземний за 11.07.2012 р.

Підтип 3.1. Гребні, орієнтовані із заходу, які називаються Азорськими. Такі гребні більш за все не являються результатом безпосереднього розповсюдження високого тиску з області Азорського антициклону. Формування гребнів та невеликих антициклонів відбувається за холодними фронтами в результаті дій термічних та динамічних факторів зміни тиску, а також під впливом гірських систем центральної Європи. Зона високого тиску що виникає, об'єднується з Азорським антициклоном та перетворюється в його отріг чи гребінь.

Підтип 3.2. Гребні, орієнтовані зі сходу. Формуються вони за рахунок стаціонанування східно-сибірського антициклону над районами Сибірі. Цей процес спостерігається значно рідше, ніж гребні, які розповсюджуються із заходу. Обґрунтовується це тим, що переважає західно-східний переніс та вплив Чорного моря на термічне та баричне поля тропосфери.

Підтип 3.3. малоградієнтне поле високого тиску. До цього типу також відноситься і центр антициклону. Осереднені величини баричних градієнтів при цьому коливаються від 0,7 до 1,5 гПа/111 км. При такій синоптичній ситуації протягом доби переважає штиль, а посилення вітру відсутнє навіть в денні години.

Тип 4. Малоградієнтні баричні поля (рис. 3.4). Даний тип характеризується двома підтипами.

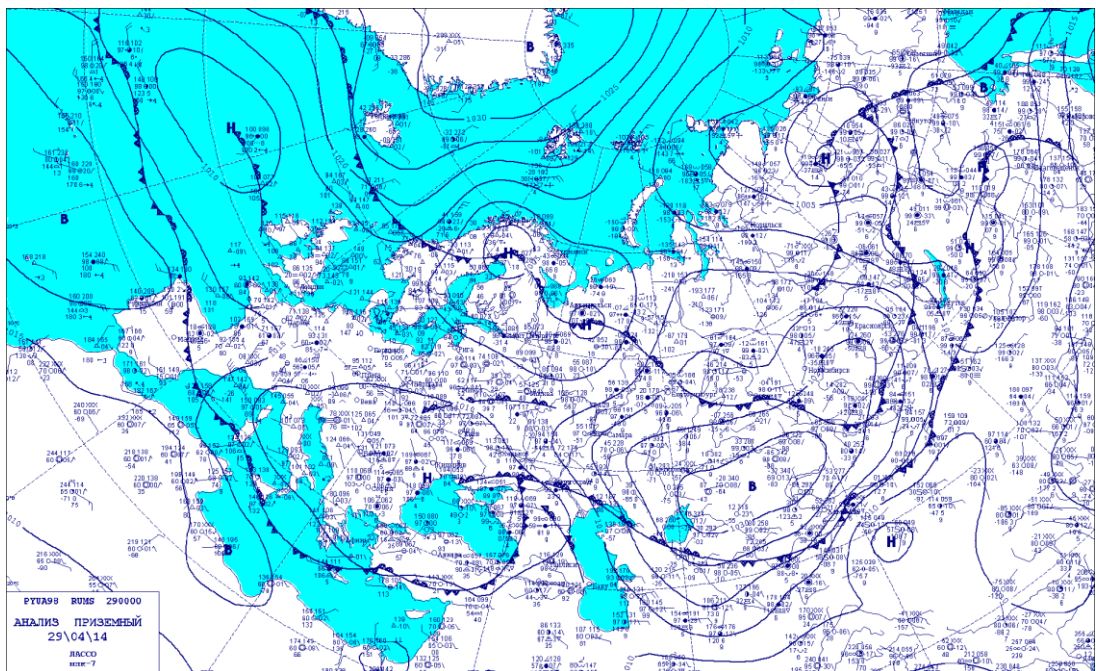


Рис. 3.4. Аналіз приземний за 29.04.2014 р.

Підтип 4.1. Розмите поле, при цьому спостерігаються невеликі градієнти в полі тиску (1,5 – 2,5 гПа/111 км).

Підтип 4.2. Сідловина спостерігається при існуванні циклону над Баренцевим морем та зоною зниженого тиску над Туреччиною, а також Азорським максимумом над Європою та зоною високого тиску над районами Сибірі.

Тип 5. Периферійні атмосферні процеси з проходженням активних атмосферних фронтів (рис. 3.5). До цього типу відносяться переноси з північною (північно-східною), східною (південно-східною), південною (рідко) та західною (північно-західною) складовою.

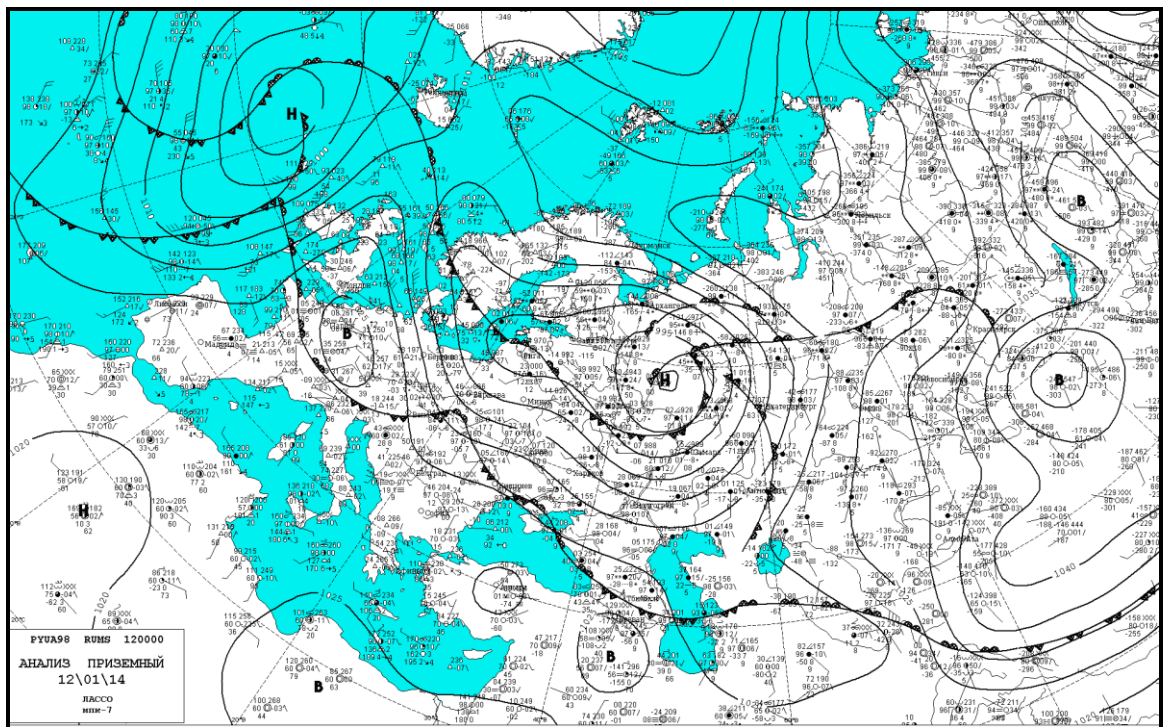


Рис. 3.5. Аналіз приземний за 12.01.2014 р.

Підтип 5.1. Східний та північно-східний переніс в основному відбувається по східній периферії антициклону. Швидкість вітру збільшується під впливом чорноморської депресії чи штормової зони з фронтом.

Підтип 5.2. Східний та південно-східний переніс відбувається по південній і південно-західній периферії антициклону при проходженні арктичного та полярного фронтів, в зоні підвищених градієнтів тиску без фронтів чи при наявності розмитого фронту. Також при наявності гребня з

фронтом, який проходить практично зонально між циклонами помірних широт західним та східним, відносно району дослідження.

Тип 6. Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами ( $dp/dn \geq 1,5$  гПа/111 км). Формує вітри всіх напрямків (рис. 3.6).

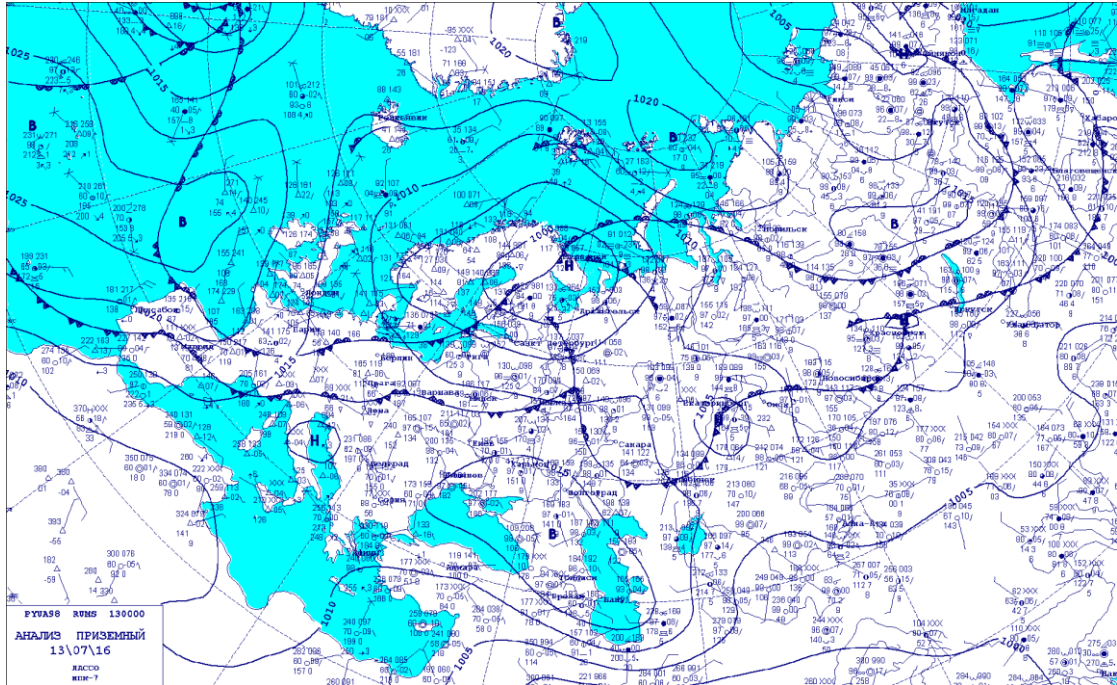


Рис. 3.6. Аналіз приземний за 13.07.2016 р.

Підтип 6.1. Східна частина циклону або штормова зона між циклоном на заході (північному-заході) і антициклоном (гребнем) на сході обумовлює південний та південно-східний переніс.

Підтип 6.2. Тилова частина циклону, що зміщується на схід зі швидкістю 40-60 км/год., супроводжується західними та північно-західними вітрами.

Підтип 6.3. Улоговина з фронтами, Обумовлює вітри різних напрямків в залежності від його орієнтації відносно району дослідження.

Підтип 6.4. Південний циклон, відбувається переважно південний переніс, але в його північній частині може спостерігатись вітер північно-східних та південно-східних напрямків, а в центрі циклону з фронтами спостерігаються вітри всіх напрямків, навіть північно-західних.



## 4 ВПЛИВ ЦИРКУЛЯЦІЇ АТМОСФЕРИ НА ПОГОДНІ УМОВИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

### 4.1 Дослідження атмосферної циркуляції за період 2008–2012 рр. над районом Одеси

Типи циркуляції встановлюються шляхом класифікації (розподілу) безперервної послідовності синоптичних процесів на ряд стійких станів за допомогою критеріїв класифікації. Виділяють зональний і меридіональний стан атмосферної циркуляції. Для визначення класифікації великомасштабних синоптичних процесів у регіоні Північно-Західного Причорномор'я, скористаємось методом А.Л. Каца

Для дослідження динаміки зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я було обрано центральні місяці року за два періоди дослідження: 2008 – 2012 рр. (табл. Б.1) та 2013 – 2017 рр. (табл. Б.2). для м. Одеса. Використовували приземні карти погоди та типізацію, як зазначалося раніше.

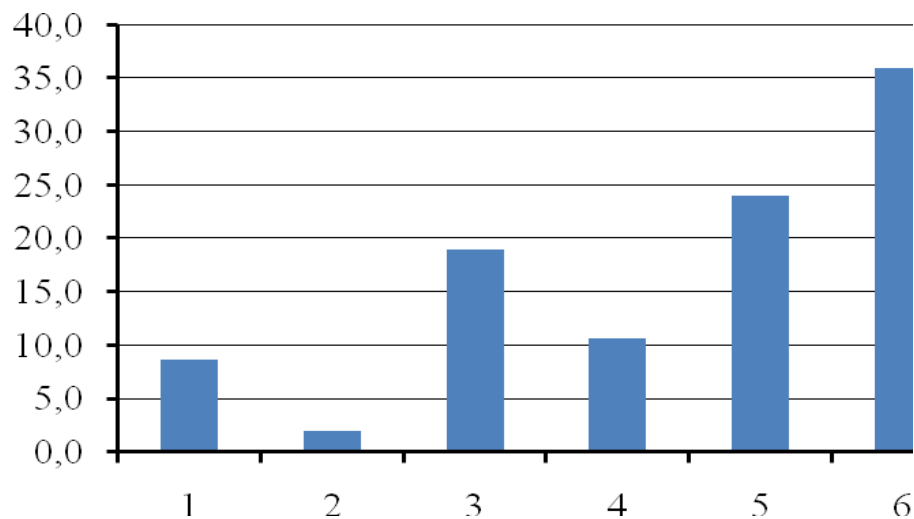


Рис. 4.1. Діаграма повторюваності (%) типів синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2008 – 2012 рр.

Як бачимо з рис. 4.1 за період 2008 – 2012 рр., найчастіше спостерігається 6 тип синоптичних процесів (35,9 % випадків) у січні та квітні, а саме підтип 6.1 (табл. 4.1), що призводить до південного та

південно-східного переносу повітря. Спостерігається східна частина циклону або штормова зона між циклоном на заході (північному-заході) і антициклоном (гребнем) на сході. Тобто переважає циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами ( $dp/dn \geq 1,5$  гПа/111 км) та формуються вітри всіх напрямків.

Таблиця 4.1 – Повторюваність (к.в./%) типів (підтипів) синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2008 – 2012 рр.

Типи синоптичних процесів	Підтипи син. проц..	Місяці							
		I		IV		VII		X	
		к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
1 Периферійні процеси	1	<b>13</b>	<b>8,4</b>	<b>10</b>	<b>6,7</b>	<b>16</b>	<b>10,3</b>	<b>14</b>	<b>9,2</b>
	1.1	5	3,2	1	0,7	1	0,6	3	2,0
	1.2	4	2,6	3	2,0	1	0,6	4	2,6
	1.3	3	1,9	5	3,3	8	5,2	2	1,3
	1.4	1	0,6	1	0,7	6	3,9	5	3,3
2 Циклонічна циркуляція	2	<b>5</b>	<b>3,2</b>	<b>2</b>	<b>1,3</b>	<b>2</b>	<b>1,3</b>	<b>3</b>	<b>2,0</b>
	2.1	3	1,9	0	0,0	2	1,3	2	1,3
	2.2	2	1,3	2	1,3	0	0,0	1	0,7
3 Антициклонічна циркуляція	3	<b>20</b>	<b>12,9</b>	<b>23</b>	<b>15,3</b>	<b>40</b>	<b>25,8</b>	<b>33</b>	<b>21,6</b>
	3.1	9	5,8	10	6,7	13	8,4	7	4,6
	3.2	5	3,2	2	1,3	2	1,3	6	3,9
	3.3	6	3,9	11	7,3	25	16,1	20	13,1
4 Малоградієнтні баричні поля	4	<b>16</b>	<b>10,3</b>	<b>18</b>	<b>12,0</b>	<b>17</b>	<b>11,0</b>	<b>14</b>	<b>9,2</b>
	4.1	2	1,3	13	8,7	8	5,2	4	2,6
	4.2	14	9,0	5	3,3	9	5,8	10	6,5
5 Периферійні процеси з проходженням фронтів	5	<b>36</b>	<b>23,2</b>	<b>36</b>	<b>24,0</b>	<b>35</b>	<b>22,6</b>	<b>40</b>	<b>26,1</b>
	5.1	8	5,2	17	11,3	24	15,5	15	9,8
	5.2	28	18,1	19	12,7	11	7,1	25	16,3
6 Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами	6	<b>65</b>	<b>41,9</b>	<b>61</b>	<b>40,7</b>	<b>45</b>	<b>29,0</b>	<b>49</b>	<b>32,0</b>
	6.1	29	18,7	20	13,3	15	9,7	20	13,1
	6.2	13	8,4	29	19,3	12	7,7	10	6,5
	6.3	15	9,7	9	6,0	17	11,0	12	7,8
	6.4	8	5,2	3	2,0	1	0,6	7	4,6
Всього		<b>155</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>155</b>	<b>100</b>	<b>153</b>	<b>100</b>

Найменша кількість випадків відноситься до 2 типу (2% випадків), а саме підтип 2.1 (табл. 4.1). Він спостерігається при циклонічній циркуляції, а саме формується зона зниженого тиску, яка включає до себе: центр циклону та улоговини з південною і східною складовою, пов'язані з виходом південних циклонів, а також улоговин орієнтованих з півночі та північно-заходу, утворені циклонами, сформованими в районі північної Атлантики.

#### 4.2 Дослідження атмосферної циркуляції за період 2013 – 2017 рр. для м. Одеса

Основною причиною атмосферних рухів є неоднорідність нагрівання різних ділянок підстильної поверхні і атмосфери. Наявність температурних і баричних градієнтів зумовлює рух, направлений на відновлення гідростатичної рівноваги. Підйом теплого і опускання холодного повітря на Землі, що обертається, супроводжується формуванням циркуляційних систем різного просторово-часового масштабу. Сукупність великомасштабних атмосферних рухів отримала назву загальної циркуляції атмосфери (ЗЦА).

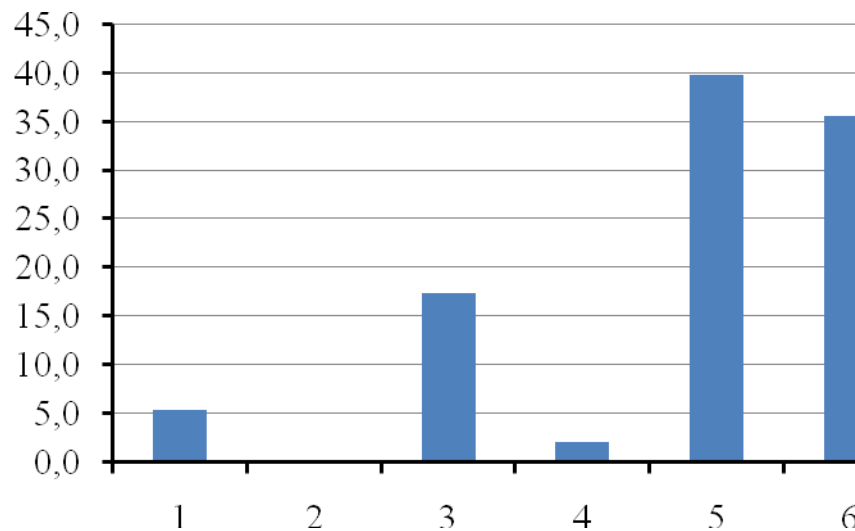


Рис. 4.2. Діаграма повторюваності (%) типів синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2013 – 2017 рр.

Проаналізувавши діаграму (рис. 4.2), бачимо що за період 2013 – 2017 рр., переважає 5 тип синоптичних процесів (39,7 % випадків) у липні та жовтні, а саме підтип 5.1 (табл. 4.2), де переважає східний та північно-східний

переніс в основному відбувається по східній периферії антициклону. Швидкість вітру збільшується під впливом чорноморської депресії чи штормової зони з фронтом.

Таблиця 4.2 – Повторюваність (ч.в./%) типів (підтипів) синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2013 – 2017 рр.

Типи синоптичних процесів	Підтипи син. проц	Місяці							
		I		IV		VII		X	
		ч.в.	%	ч.в.	%	ч.в.	%	ч.в.	%
1 Периферійні процеси	1	<b>3</b>	<b>2,0</b>	<b>4</b>	<b>2,7</b>	<b>20</b>	<b>12,9</b>	<b>6</b>	<b>3,9</b>
	1.1	2	1,3	0	0	0	0	1	0,6
	1.2	1	0,7	1	0,7	0	0	0	0
	1.3	0	0	3	2,0	14	9,0	1	0,6
	1.4	0	0	0	0	6	3,9	4	2,6
2 Циклонічна циркуляція	2	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Антициклонічна циркуляція	3	<b>13</b>	<b>8,5</b>	<b>24</b>	<b>16,0</b>	<b>45</b>	<b>29,0</b>	<b>24</b>	<b>15,6</b>
	3.1	1	0,7	5	3,3	15	9,7	4	2,6
	3.2	2	1,3	1	0,7	2	1,3	7	4,5
	3.3	10	6,5	18	12,0	28	18,1	13	8,4
4 Малоградієнтні баричні поля	4	<b>4</b>	<b>2,6</b>	<b>8</b>	<b>5,3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,6</b>
	4.1	1	0,7	6	4,0	0	0	0	0
	4.2	3	2,0	2	1,3	0	0	1	0,6
5 Периферійні процеси з проходженням фронтів	5	<b>53</b>	<b>34,6</b>	<b>48</b>	<b>32,0</b>	<b>70</b>	<b>45,2</b>	<b>72</b>	<b>46,8</b>
	5.1	24	15,7	21	14,0	60	38,7	34	22,1
	5.2	29	19,0	27	18,0	10	6,5	38	24,7
6 Циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами	6	<b>80</b>	<b>52,3</b>	<b>66</b>	<b>44,0</b>	<b>20</b>	<b>12,9</b>	<b>51</b>	<b>33,1</b>
	6.1	18	11,8	12	8,0	7	4,5	22	14,3
	6.2	38	24,8	41	27,3	13	8,4	22	14,3
	6.3	16	10,5	10	6,7	0	0	7	4,5
	6.4	8	5,2	3	2,0	0	0	0	0
Всього		<b>153</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>155</b>	<b>100</b>	<b>154</b>	<b>100</b>

Найменша кількість випадків відноситься до 2 типу (0% випадків), який взагалі не спостерігався за даний період дослідження. Це циклонічна

циркуляція, в якій формується зона низького тиску, та включає до себе: центр циклону і улоговини з південною та східною складовою, пов'язані з виходом південних циклонів, а також улоговин орієнтованих з півночі та північно-заходу, утворені циклонами, сформованими в районі північної Атлантики.

#### 4.3 Динаміка зміни синоптичних процесів за періоди 2008 – 2012 рр. та 2013 – 2017 рр.

Розглянемо синоптичні процеси, які спостерігались у 2008 – 2012 рр. (табл. 4.1) та в 2013 – 2017 рр. (табл. 4.2) для Північно-Західного Причорномор'я. На основі цих даних, побудуємо діаграму (рис. 4.3). Досліджуючи зміни синоптичних процесів, видно що повторюваність для тип 1, тип 2, тип 3 та тип 6 майже не змінилась (зменшилась на декілька відсотків). Тип 4 значно зменшився на 8,5%, тобто рідше спостерігаються малоградієнтні баричні поля.

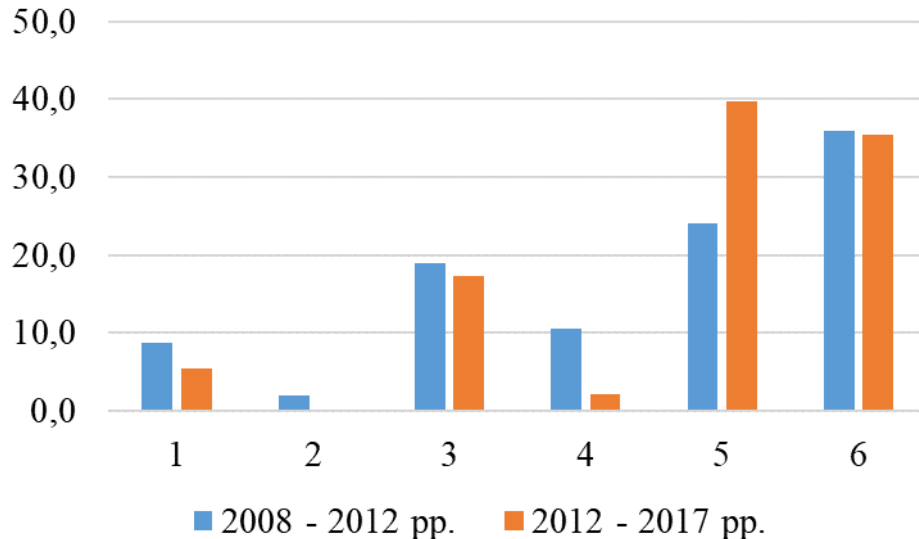


Рис. 4.3. Діаграма змін (%) типів синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2008 – 2012 та 2013 – 2017 рр.

Видно що повторюваність типу 5 значно збільшилось та спостерігається найбільшу кількість разів за 2013 – 2017 рр.. Це означає, що переважають периферійні атмосферні процеси з проходженням активних атмосферних фронтів. До цього типу відносяться переноси з північною

(північно-східною), східною (південно-східною), південною (рідко) та західною (північно-західною) складовою. Східний та північно-східний переніс в основному відбувається по східній периферії антициклону. Швидкість вітру збільшується під впливом чорноморської депресії чи штормової зони з фронтом. Східний та південно-східний переніс відбувається по південній і південно-західній периферії антициклону при проходженні арктичного та полярного фронтів, в зоні підвищених градієнтів тиску без фронтів чи при наявності розмитого фронту. Також при наявності гребня з фронтом, який проходить практично зонально між циклонами помірних широт західним та східним, відносно району дослідження.

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі досліджено динаміку зміни синоптичних ситуацій за два періоди 2008–2012 рр. і 2013–2017 рр. у Північно-Західному Причорномор'ї.

1. За період 2008–2012 рр., найчастіше спостерігається 6 тип синоптичних процесів (35,9 %) у січні та квітні, що призводить до південного та південно-східного переносу повітря. Спостерігається східна частина циклону або штормова зона між циклоном на заході (північному-заході) і антициклоном (гребенем) на сході. Тобто переважає циклонічна циркуляція з великими баричними градієнтами ( $dp/dn \geq 1,5$  гПа/111 км) та формуються вітри всіх напрямків. Найменша кількість випадків відноситься до 2 типу (2%), де спостерігається циклонічна циркуляція.

2. Виявлено, що у 2013–2017 рр., переважає 5 тип синоптичних процесів (39,7 %) у липні та жовтні, де переважає східний та північно-східний переніс в основному відбувається по східній периферії антициклону. Швидкість вітру збільшується під впливом чорноморської депресії чи штормової зони з фронтом. Циклонічної циркуляції (тип 2) взагалі не спостерігалось за період дослідження.

3. Визначено, що над регіоном переважають периферійні атмосферні процеси з проходженням активних атмосферних фронтів. Тобто переноси з північною (північно-східною), східною (південно-східною), південною (рідко) та західною (північно-західною) складовою.

4. Східний та північно-східний переніс в основному відбувається по східній периферії антициклону. Швидкість вітру збільшується під впливом чорноморської депресії чи штормової зони з фронтом.

5. Східний та південно-східний переніс відбувається по південній і південно-західній периферії антициклону при проходженні арктичного та полярного фронтів, в зоні підвищених градієнтів тиску без фронтів чи при наявності розмитого фронту. Також при наявності гребня з фронтом, який проходить практично зонально між циклонами помірних широт західним та східним, відносно району дослідження.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Белинский Н.А. Опыт установления индекса циркуляции атмосферы // Труды НИЦ ГУГМС, 1946. – Вып. 14. – С. 32-46.
2. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
3. Воскресенская, Е.Н., Маслова, В.Н. Бардин, М.Ю. Межгодовая изменчивость характеристик циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе. Системы контроля окружающей среды. // Средства, информационные технологии и мониторинг, 2008. – С. 299 - 302.
4. Воскресенская, Е.Н., Наумова, В.А., Евстигнеев, М.П., Евстигнеев, В.П. Классификация синоптических процессов штормов в Азово-Черноморском бассейне // Тр. УкрНИГМИ, 2009. – Вып. 258. – С. 189-200.
5. Гирс А.А. Основы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 213с.
6. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди.– Одеса, «ТЕС», 2012.– 407с.
7. Івус Г.П., Іванова С.М. Довгострокові прогнози погоди: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2010. – 113 с.
8. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – С. 23 - 47с.
9. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського. К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
10. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. - Київ, Державний комітет України з гідрометеорології, 2004. – 31 с.
11. Наумова В.А., Воскресенская Е.Н., Евстигнеев М.П., Евстигнеев В.П. Штормовые волны в Азово-Черноморском бассейне как региональный отклик на крупномасштабные процессы в системе океан-атмосфера // Мат. конф. «Глобальні та регіональні зміни клімату», Київ, 2010. – С. 43 - 45.



12. Поліщук А. В., Івус Г. П., Гурська Л. М. Динаміка зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 02-08 травня 2018 р. С. 321-322
13. Семенова І.Г. Регіональна синоптика. Конспект лекцій, Одеса, ОДЕКУ, 2002 р. – 62 с.
14. Справочник по климату Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 405 с.
15. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии / Под ред. В.Н.Бабиченко. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 224 с.

## ДОДАТОК А

кафедри метеорології та кліматології  
на магістерську роботу студентки гр. МНЗ–2м  
гідрометеорологічного інституту ОДЕКУ

Поліщук Анни Володимирівни

Тема магістерської роботи:

«Динаміка зміни атмосферної циркуляції Північно-Західного Причорномор'я  
на початку XXI століття»

Кваліфікаційна магістерська робота виконана в рамках науково-дослідних робіт «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (2015-2019 рр., ДР № 0115U006532).

В.о. зав. кафедрою

метеорології та кліматології

к.геогр.н., доц. Прокоф'єв О.М.

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Каталог типів (підтипів) синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2008 – 2012 рр.

Дата	Місяці року			
	Січень	Квітень	Липень	Жовтень
1	2	3	4	5
2008				
1	1,3	5,1	1,4	3,3
2	5,1	5,1	1,4	6,3
3	5,2	6,3	6,2	6,3
4	5,2	1,3	6,2	6,3
5	5,2	4,1	6,3	5,2
6	1,2	6,1	6,3	5,2
7	5,2	6,1	6,2	5,1
8	5,2	6,1	3,3	5,1
9	3,3	5,2	3,3	1,4
10	3,3	5,2	3,3	3,1
11	3,3	1,2	6,2	3,1
12	3,3	4,1	1,4	6,1
13	3,3	2,2	3,3	6,1
14	5,2	6,3	3,3	6,1
15	5,2	6,2	3,3	3,3
16	5,2	6,1	3,3	3,1
17	5,2	6,1	1,2	2,1
18	1,2	6,1	3,3	6,3
19	1,2	3,2	2,1	6,3
20	4,2	6,1	5,1	6,3
21	6,2	6,1	5,1	3,1
22	6,3	6,3	4,2	3,3
23	6,3	6,1	1,3	3,3
24	6,2	6,4	1,3	3,3
25	5,1	3,1	1,3	3,3
26	6,2	3,3	1,3	3,3
27	6,2	1,3	1,3	3,3
28	6,2	1,3	1,3	1,2
29	6,2	5,2	1,4	3,2
30	5,1	5,2	1,4	5,2
31	4,2		1,4	5,2

## Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
2009				
1	5,2	3,1	3,1	5,1
2	5,2	3,1	3,1	6,1
3	1,1	3,1	4,1	4,2
4	1,1	3,1	4,1	4,2
5	2,1	3,3	6,2	4,2
6	3,1	3,3	6,2	6,2
7	4,1	5,1	3,1	4,2
8	1,1	5,2	6,1	5,1
9	3,1	5,2	4,2	4,2
10	3,1	5,2	4,2	4,2
11	5,1	5,2	4,2	5,2
12	5,1	5,2	4,2	5,2
13	5,1	6,2	5,1	6,4
14	6,1	6,2	5,1	6,4
15	6,4	5,1	3,1	6,3
16	6,2	6,3	3,1	5,2
17	6,2	5,2	3,1	5,1
18	5,2	1,4	5,1	4,1
19	6,1	6,2	4,2	5,2
20	6,1	6,2	3,3	-
21	6,1	6,2	5,1	5,1
22	6,1	6,1	5,1	5,2
23	6,1	6,2	5,1	6,1
24	6,3	6,2	3,3	6,1
25	6,4	6,1	4,2	5,2
26	6,3	3,1	6,3	5,2
27	6,1	3,3	6,2	5,2
28	6,1	3,2	6,2	3,2
29	6,1	3,3	5,1	6,3
30	6,1	3,1	5,1	1,4
31	5,2		5,2	5,1

## Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
2010				
1	6,2	6,2	6,3	6,2
2	6,2	6,2	6,3	5,2
3	6,2	6,3	4,1	5,2
4	6,2	5,2	3,3	5,2
5	5,1	5,2	4,1	5,2
6	6,4	5,2	6,1	5,2
7	6,4	6,2	6,1	5,2
8	6,1	6,1	5,1	5,1
9	6,1	4,1	5,1	6,1
10	6,3	4,1	3,1	6,1
11	6,1	5,1	5,1	6,1
12	6,1	5,1	5,1	6,1
13	6,1	4,1	5,1	6,2
14	6,1	4,1	6,1	6,2
15	6,1	4,1	5,2	6,2
16	6,1	4,2	5,2	4,1
17	6,1	6,3	6,3	5,1
18	6,1	6,2	6,3	5,2
19	6,1	6,3	6,3	6,1
20	6,1	6,2	5,1	6,1
21	5,2	6,2	3,2	6,1
22	5,2	5,1	5,2	6,1
23	5,2	5,1	5,2	5,1
24	6,1	5,1	5,2	5,1
25	6,1	5,2	6,2	5,1
26	1,4	5,2	6,1	4,1
27	4,1	5,1	6,1	4,1
28	6,4	5,1	6,1	1,2
29	6,1	5,1	6,1	1,4
30	6,1	4,1	1,3	1,4
31	6,1		3,3	1,3

## Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
2011				
1	5,2	1,3	5,2	6,4
2	5,2	1,3	6,1	6,4
3	5,2	6,1	6,3	6,4
4	5,1	6,1	6,3	6,1
5	3,1	6,1	5,1	6,1
6	3,2	4,2	5,2	6,3
7	3,2	6,2	5,2	1,1
8	4,2	6,2	6,2	1,2
9	3,2	6,2	6,2	-
10	3,2	6,2	6,2	6,4
11	3,2	6,2	5,1	6,3
12	6,3	6,2	5,1	5,1
13	1,2	6,3	3,3	5,1
14	6,3	6,2	1,3	5,2
15	6,3	6,2	5,1	5,2
16	6,2	6,2	5,1	3,1
17	2,1	4,2	5,1	5,1
18	6,3	3,1	6,1	5,2
19	1,3	4,2	6,3	4,2
20	6,4	4,2	6,3	4,2
21	6,1	3,1	6,3	4,2
22	4,2	3,1	6,1	3,3
23	6,3	5,2	4,2	3,1
24	2,1	5,2	6,1	3,1
25	4,2	5,2	6,1	3,3
26	4,2	5,1	6,1	3,3
27	4,2	5,1	4,1	3,3
28	3,1	5,1	4,1	3,3
29	3,1	5,1	5,1	3,3
30	4,2	5,1	5,1	3,3
31	4,2		6,1	1,1

## Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
2012				
1	6,3	6,1	3,3	1,4
2	3,1	2,2	3,3	3,3
3	3,1	6,1	3,3	3,3
4	3,3	6,2	2,1	3,3
5	1,1	6,2	6,3	3,2
6	2,2	6,1	6,4	2,2
7	6,4	5,2	6,3	6,1
8	6,3	1,1	6,3	6,2
9	6,3	6,4	3,2	6,2
10	4,2	6,2	3,3	1,1
11	4,2	6,2	3,3	1,2
12	4,2	4,1	4,1	4,2
13	1,1	4,1	4,1	6,2
14	2,2	3,3	3,3	3,3
15	6,3	6,2	3,3	6,2
16	6,3	6,2	3,1	6,2
17	3,1	4,1	3,1	6,1
18	4,2	1,2	3,1	6,1
19	4,2	6,4	3,3	3,2
20	5,2	6,3	1,1	3,2
21	5,2	4,1	4,2	3,2
22	5,2	4,1	3,3	3,3
23	5,2	6,1	3,3	1,3
24	6,4	6,1	3,1	2,1
25	6,1	3,3	3,1	5,2
26	5,2	1,2	3,1	5,2
27	5,2	3,3	3,3	5,2
28	1,3	3,3	5,2	6,4
29	5,2	3,3	5,2	6,3
30	5,2	3,3	6,3	6,1
31	5,2		3,3	6,3

Таблиця Б.2 – Каталог типів (підтипів) синоптичних процесів Північно-Західного Причорномор'я за 2013 – 2017 рр.

Дата	Місяці року			
	Січень	Квітень	Липень	Жовтень
1	2	3	4	5
2013				
1	3,3	6,4	1,4	-
2	3,3	6,1	1,4	5,1
3	3,3	6,1	1,4	5,2
4	6,2	6,1	1,3	5,2
5	6,2	6,1	3,1	5,1
6	6,2	6,1	5,1	5,1
7	6,3	6,2	5,1	5,1
8	6,2	5,1	5,1	3,3
9	6,2	6,3	3,1	3,3
10	5,1	5,2	1,4	3,2
11	6,2	5,2	3,3	5,2
12	6,4	1,2	1,4	5,1
13	6,4	5,2	3,1	3,3
14	5,2	4,2	1,4	3,1
15	5,1	3,3	3,1	3,1
16	6,1	5,2	3,1	5,1
17	6,4	3,3	3,1	6,1
18	6,4	3,3	3,1	6,1
19	6,4	3,3	3,1	6,2
20	6,2	3,3	3,3	5,1
21	6,1	5,1	5,1	3,1
22	6,1	5,2	5,1	3,1
23	6,3	3,1	5,1	3,2
24	6,1	3,1	6,2	5,2
25	6,1	5,1	3,1	5,1
26	6,1	3,1	5,1	3,3
27	6,3	3,3	5,1	1,1
28	6,1	3,3	5,1	5,1
29	5,1	3,3	3,3	5,1
30	4,2	3,3	3,1	3,3
31	6,3		3,1	5,1



## Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5
2014				
1	3,3	6,2	5,2	6,2
2	3,3	6,2	5,1	6,2
3	5,2	5,1	5,1	3,3
4	5,2	5,2	5,1	5,2
5	1,2	5,2	3,3	5,2
6	4,1	5,2	3,3	5,2
7	3,3	4,1	3,3	5,2
8	3,3	4,1	3,3	5,2
9	6,2	5,1	1,3	5,2
10	6,2	5,2	6,1	5,1
11	6,2	5,2	6,1	3,2
12	6,2	5,2	6,1	3,3
13	6,2	5,2	6,1	3,3
14	6,2	6,3	5,2	1,4
15	5,2	6,3	3,3	6,2
16	6,2	6,3	3,3	6,1
17	6,2	5,1	3,3	6,2
18	6,1	5,2	1,3	6,2
19	5,2	5,2	1,3	6,2
20	5,2	1,3	1,3	6,1
21	5,2	1,3	1,3	6,2
22	5,2	3,3	5,2	6,2
23	5,1	3,3	1,3	6,1
24	5,2	5,2	1,3	5,2
25	5,2	5,2	1,3	5,2
26	5,2	5,2	1,3	5,2
27	5,2	5,2	1,3	3,2
28	5,2	4,1	3,3	3,2
29	5,2	4,1	3,3	3,2
30	5,2	4,1	3,2	3,2
31	5,2		3,2	3,3

## Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5
2015				
1	5,1	6,3	3,1	5,1
2	5,1	6,3	5,1	5,1
3	6,2	6,3	5,1	5,1
4	6,2	6,2	3,3	3,3
5	6,2	6,2	3,3	5,1
6	6,2	5,1	5,1	5,1
7	5,1	5,1	5,1	5,2
8	5,1	6,2	3,3	5,2
9	6,3	5,1	3,3	5,1
10	6,3	5,1	5,1	5,1
11	6,3	5,1	6,2	6,1
12	6,2	3,3	6,2	6,1
13	6,2	5,1	5,1	5,2
14	1,1	6,2	5,1	5,2
15	3,3	6,2	5,1	5,2
16	3,3	6,3	5,1	5,2
17	5,1	6,2	5,1	5,1
18	5,1	6,2	5,1	5,2
19	5,2	6,2	5,1	5,1
20	5,2	6,2	5,1	5,2
21	5,2	6,2	5,1	6,1
22	5,2	6,2	5,1	6,1
23	5,2	5,1	5,1	4,2
24	5,2	5,1	5,1	5,1
25	6,1	5,1	5,2	5,1
26	6,1	5,1	5,2	6,2
27	5,2	5,1	5,1	6,2
28	4,2	6,1	3,3	6,2
29	4,2	6,4	5,1	5,1
30	6,3	5,2	5,1	5,2
31	6,3		5,1	5,2

## Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5
2016				
1	5,2	6,2	5,1	3,3
2	5,2	6,2	5,2	5,1
3	5,2	6,2	5,1	5,1
4	6,1	5,1	5,1	6,1
5	6,1	4,1	5,1	6,1
6	6,1	5,2	5,1	6,1
7	-	3,3	5,1	1,3
8	6,4	6,1	5,1	6,1
9	6,2	6,1	5,1	6,1
10	6,2	6,1	5,1	6,2
11	6,2	6,1	5,1	6,1
12	6,3	1,3	3,3	6,1
13	6,2	6,2	3,3	6,1
14	6,2	6,2	3,3	6,2
15	6,1	6,2	5,1	6,1
16	6,1	6,2	5,1	5,2
17	6,1	6,2	5,1	5,2
18	6,2	6,2	6,2	5,2
19	6,2	6,2	6,2	5,2
20	6,2	6,2	6,2	5,2
21	6,2	6,2	6,2	5,2
22	6,2	6,2	6,2	5,2
23	6,2	6,2	6,2	5,2
24	5,1	6,1	3,1	5,2
25	5,1	6,1	1,3	5,2
26	6,2	6,2	1,3	5,2
27	5,1	6,2	1,3	5,2
28	6,3	5,2	3,3	5,1
29	6,3	5,2	3,3	6,3
30	6,2	5,2	3,3	6,2
31	1,1		3,3	6,2

## Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5
2017				
1	5,1	3,1	6,2	5,2
2	5,1	3,2	5,1	5,2
3	6,2	3,3	5,1	5,2
4	6,2	3,3	5,1	6,3
5	6,2	3,3	3,1	6,3
6	-	6,3	3,1	6,2
7	6,4	6,3	5,1	6,2
8	6,4	6,2	5,1	6,1
9	5,2	6,2	5,1	6,2
10	6,1	3,1	5,1	5,1
11	6,1	3,3	5,1	5,1
12	6,3	5,1	5,2	5,1
13	6,3	4,2	5,2	5,1
14	6,3	6,2	5,1	5,1
15	6,3	6,2	5,1	5,1
16	5,1	6,2	5,1	6,2
17	5,2	6,2	5,1	5,1
18	5,2	6,2	5,1	3,3
19	5,1	5,1	3,3	3,3
20	5,1	6,4	3,3	1,4
21	5,1	6,2	3,3	1,4
22	5,1	6,2	3,3	1,4
23	5,1	6,2	5,1	6,1
24	6,2	6,2	5,2	6,1
25	5,1	5,1	5,2	6,1
26	5,1	5,2	6,1	6,3
27	5,1	3,3	6,1	6,3
28	3,1	5,2	6,1	6,3
29	3,3	5,2	6,2	6,3
30	3,2	5,2	6,2	6,2
31	3,2		6,2	6,2