

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет: Гідрометеорологічний  
інститут  
Кафедра океанології та  
морського природокористування

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: Хвильовий режим Азовського моря за даними спостережень на  
станції Маріуполь

Виконав: студент 2 курсу групи МЗО-19  
спеціальність 103 «Науки про Землю»  
Данєв Євген Вадимович

Керівник: к.геогр.н., доц. \_\_\_\_\_  
Гаврилюк Раїса Володимирівна

Консультант:

Рецензент: к. геогр. н. \_\_\_\_\_  
Лужбін Анатолій Михайлович

Одеса 2020  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут

Кафедра Океанології та морського природокористування

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

Освітня програма Океанологія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри** \_\_\_\_\_

“ 26 ” 10 \_\_\_\_\_ 20 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Дансва Євгена Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Хвильовий режим Азовського моря за даними спостережень на станції Маріуполь

керівник роботи Гаврилук Раїса Володимирівна, к.геогр.н, доц

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від “16”10 .2020 року № 194 «С»

2. Строк подання студентом роботи 7.12 .2020

3. Вихідні дані до роботи Дані спостережень за хвилюванням моря на станції Маріуполь за 1985 02016 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Сезонна та між річна мінливість хвилювання моря на станції Маріуполь за досліджуваний період. Аналіз повторюваності максимальних висот хвиль. Аналіз характеристик, вітру, аналіз синоптичних процесів, які викликають максимальні хвилі на станції Маріуполь. Порівняння результатів власних досліджень з наведеними в літературних джерелах Виявлення тенденцій в змінах хвилювання на станції Маріуполь за останні роки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_Графіки часової мінливості висот хвиль на станції Маріуполь в різні місяці року. \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26.10. 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Одержання завдання на виконання магістерської роботи	26.10.20		
2		----///---	90	відм
3		---//-----	85	добре
4	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>16-21.11.20</b>	<b>90</b>	<b>відм</b>
5	-----/////-----/////-----			
	Оформлення кваліфікаційної роботи.	6.12.20	75	добре
	Строк подання роботи на кафедру	7.12	80	добре
	Перевірка на плагіат	12.12.20	80	добре
	Попередній захист роботи	15.12.20	75	добре
	Рецензування	16.12.20		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>82</b>	<b>добре</b>

Студент \_\_\_\_\_ Данєв Є. В.

( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Гаврилюк Р.В

( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## **АНОТАЦІЯ**

На магістерську роботу по темі «Хвильовий режим Азовського моря за даними спостережень на станції Маріуполь» магістра групи МЗО-19 Данєва Євгена Вадимовича.

### **Актуальність обраної теми**

Хвильовий режим моря впливає на роботу портів і плавання суден. Знання характеристик мінливості хвилювання моря і особливо максимальних значень, представляє інтерес для морської господарської діяльності. Кліматичні зміни, які відбуваються в Азовському морі в останні десятиліття, відображаються і на змінах хвилювання моря, що обумовлює актуальність обраної теми магістерської роботи.

### **Мета роботи**

Отримати кількісні оцінки між річної мінливості хвилювання моря на станції Маріуполь за даними спостережень за 1985-2016 рр. Виконати аналіз синоптичних процесів, які сприяють виникненню максимальних висот хвиль. Виконати порівняльний аналіз з літературними джерелами і оцінити зміни хвильового режиму Азовському морю за останні роки.

### **Об'єкт дослідження**

Хвильовий режим Азовського моря за даними спостережень на станції Маріуполь.

### **Предмет дослідження**

Характеристики мінливості максимальних висот хвиль на станції Маріуполь.

### **Методи дослідження**

При виконанні роботи використовуються традиційні методи досліджень – порівняльний та ретроспективний методи та методи статистичної обробки інформації – кореляційний, регресійний аналізи.

### **Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення**

Отримано кількісні оцінки між річної мінливості максимальних висот хвиль за даними спостережень на станції Маріуполь. Новизна магістерської роботи полягає в тому, що за матеріалами спостережень за 32 роки представлені оцінки змін режиму хвилювання на станції Маріуполь, які відбуваються в останні роки.

## **Рекомендації щодо використання результатів роботи за значенням галузі застосування**

Кількісні оцінки мінливості максимальних висот хвиль на станції Маріуполь, наведені в магістерській роботі, суттєво уточнюють і доповнюють дані з літературних джерел, так як базуються на матеріалах спостережень останніх років.

### **Структура, обсяг роботи**

Робота складається з 53 сторінок, вступу, чотирьох розділів, висновку, 22 рисунків, 8 таблиць, 13 літературних джерел.

### **Ключові слова**

**АЗОВСЬКЕ МОРЕ, МАРІУПОЛЬ, ХВИЛЮВАННЯ МОРЯ, МІЖ РІЧНА МІНЛИВІСТЬ МАКСИМАЛЬНИХ ХВИЛЬ.**

## **SUMMARY**

Master's thesis on "Wave mode of the Sea of Azov according to observations at the station Mariupol" by Danev Eugene, Master of Group MZO-19.

### **Relevance of the selected topic**

The wave regime of the sea affects the operation of ports and navigation of ships. Knowledge of the characteristics of the variability of sea waves and especially the maximum values is of interest for maritime economic activity. Climate change that has taken place in the Sea of Azov in recent decades is reflected in changes in sea turbulence, which determines the relevance of the chosen topic of the master's thesis.

### **Purpose of work**

Get quantitative estimates of the annual variability of sea waves at the station Mariupol according to observations for 1985-2016. Perform an analysis of synoptic processes that contribute to the emergence of maximum wave heights. Perform a comparative analysis with literature sources and assess changes in the wave regime of the Sea of Azov in recent years.

### **Object of study**

The wave regime of the Sea of Azov according to observations at the station Mariupol.

### **Subject of study**

Characteristics of variability of maximum wave heights at Mariupol station.

### **Research methods**

When performing the work, traditional research methods are used - comparative and retrospective methods and methods of statistical information processing - correlation, regression analysis.

## **Results, their novelty, theoretical and practical significance**

Quantitative estimates were obtained between the annual variability of the maximum wave heights according to observations at the Mariupol station. The novelty of the master's thesis is that the materials of observations for 32 years present estimates of changes in the excitation regime at the station Mariupol, which occur in recent years.

## **Recommendations on the use of the results of the work on the significance of the application**

Quantitative estimates of the variability of the maximum wave heights at the Mariupol station, given in the master's thesis, significantly clarify and supplement the data from the literature, as they are based on observations from recent years.

## **Structure and scope of work**

The work consists of 53 pages, introduction, four sections, conclusion, 22 figures, 8 tables, 13 references.

## **Keywords**

THE SEA OF AZOV, MARIUPOL, SEA WAVES, BETWEEN ANNUAL VARIABILITY OF MAXIMUM WAVES.

## ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u> .....	9
1. <u>КОРОТКИЙ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС АЗОВСЬКОГО МОРЯ</u> .....	10
2. <u>ХВИЛЮВАННЯ БІЛЯ БЕРЕГІВ МОРЯ</u> .....	15
3. <u>МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ</u> .....	27
4. <u>МІНЛИВІСТЬ МАКСИМАЛЬНИХ ВИСОТ ХВИЛЬ В АЗОВСЬКОМУ МОРІ ЗА ДАНИМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА СТАНЦІЇ МАРІУПОЛЬ</u> .....	29
4.1 <u>Сезонна та між річна мінливість максимальних висот хвиль за даними спостережень на станції Маріуполь</u> .....	29
4.2 <u>Аналіз синоптичних процесів, які викликають максимальні хвилі в районі станції Маріуполь</u> .....	34
4.3. <u>Тенденції між річних змін максимальних хвиль на станції Маріуполь</u> .....	45
<u>ВИСНОВКИ</u> .....	51
<u>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</u> .....	53



## ВСТУП

В умовах глобального потепління, що спостерігається в останні десятиліття, дослідження мінливості гідрометеорологічного режиму морів і їх регіонів значно зростає. Як відомо, кліматичні зміни відбуваються і в Азовському морі. Для морських галузей господарства і екологічного моніторингу особливий інтерес представляє інформація, перш за все, про гідрологічні показники стану морського середовища. Дослідження мінливості гідрологічних показників Азовського моря проводяться регулярно науковими установами, а їх результати публікуються як в наукових статтях, так і монографіях.

Порт Маріуполь відноситься до одного з найбільш важливих морських портів української частини Азовського моря. Визначення мінливості гідрологічних показників стану морського середовища представляє інтерес для господарської діяльності порту.

В магістерській роботі представлено результати аналізу мінливості таких гідрологічних показників стану морського середовища, як мінливість максимальний висот хвиль в Азовському морі за даними спостережень на станції Маріуполь в період з 1985-2016 рр.

## 1 КОРОТКИЙ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС АЗОВСЬКОГО МОРЯ

Азовське море відноситься до системи Середземного моря Атлантичного океану, в південній частині з'єднується з Чорним морем через неглибоку Керченську протоку.

Географічна межа Азовського моря розташовується між крайніми точками:  $47^{\circ} 17'$  пн.ш. і  $39^{\circ} 49'$  східної довготи на північному сході на вершині Таганрозької протоки,  $39^{\circ} 18'$  східної довготи на заході (Арабатська затока) і на півдні Керченської протоки ( $45^{\circ} 17'$  пн.ш.) між мисами Такіль і Панагія. Площа поверхні моря без затоки Сиваш і лиманів східного узбережжя за різними оцінками становить 37802-39000 км<sup>2</sup>, об'єм води 290 км<sup>3</sup> при середньо-багаторічному рівні [1, 2-4]. Середня глибина моря 7 м, область найбільших глибин знаходиться в центрі моря (максимальна глибина 14,4 м). Найбільша довжина Азовського моря по лінії коса Арабатська стрілка - дельта Дону складає 380 км, найбільша ширина по меридіану між вершинами Темрюкського і Білосарайської заток - 200 км [1].

Північно-східна частина моря являє собою великий естуарій річки Дон -мілководна і сильно розпріснена Таганрозька затока, на захід від якого північне узбережжя моря поділяється піщано-черепашковими косами на мережу заток, найчисельнішими з них є Бердянський і Обіточна. У західній частині моря піщано-черепашковий пересип Арабатська стрілка відокремлює море від мілководної осолоненої затоки Сиваш. Водобмін між власне морем і затокою Сиваш здійснюється в обмеженому обсязі через вузьку ополонку в Стрілці - протоку Тонкий. Південно-західна частина моря являє собою великі затоки Арабатська і Казантипська, розділені мисом Казантип, а на південному сході розташований естуарій річки Кубань - Темрюкську затоку.

Рельєф дна Азовського моря відрізняється рівністю і плавним збільшенням глибини від берега до центру моря. Системи підводних підвищень (банки, складені переважно ракуша) розташовані біля західного (банки Морська і Арабатська) і східного узбережжя моря (банку Железінская). Для підводного берегового схилу на півночі моря розташовано обширне мілководдя (20-30 км) з глибинами 6-7 м. Південне узбережжя відрізняється крутим береговим схилом (до глибини 11-12 м). Ізобата 5 м розташована приблизно в 2 км від берега.

Загальна протяжність берегової лінії Азовського моря становить 2686 км [2]. Для узбережжя Азовського моря характерне чергування корінних ділянок берегових обривів, складених, переважно, пухкими, які легко піддаються абразії, відкладеннями неогенового і четвертинного віку, з 15 висунутими в море акумулятивними формами («коси Азовського типу»). Відмінною рисою литодинамики Азовського моря є надходження великих обсягів наносів біогенного походження в берегову зону і їх відкладення при сприятливих умовах на акумулятивних формах.

Північне узбережжя моря характеризується стрімким берегом (середня висота обривів 7-15 м), а також системою піщано-черепашкових кіс, які збільшуються в розмірах на захід моря. Уздовж усього західного берега моря розташована найбільша акумулятивна форма Азовського моря - піщаночерепашкова коса Арабатська стрілка довжиною 107 - 110 км і шириною 0,27 - 7 км. Східні берега від Темрюка до Приморсько-Ахтарска представляють собою велику дельту Кубані з системою лиманів, проток і плавнів. На північно-східному узбережжі моря берега обривисті з рідкісними піщаними косами. Кримське узбережжя Азовського моря характеризується сильною зрізаністю берегової лінії; миси, складені мшанковими вапняками чергуються з великими затоками і невеликими бухтами.

Основним геоморфологічним процесом в Азовському басейні в даний час є абразія кліфів, пляжів, акумулятивних форм і морського дна. Абразії (із

середньою швидкістю 0,1 - 1,0 м·рік-1 ) схильні приблизно 70% берегів Азовського моря.

В Азовське море впадають дві великі річки Дон і Кубань, які постачають в море 95% сумарного стоку, і 20 малих річок, в основному, в північній частині моря (Берда, Кальміус, Міус, Ея, Обіточна, Молочна і ін.). Середній стік Дону в рік становить 24,4 км<sup>3</sup> , Кубані - 11,6 км<sup>3</sup> , малих річок північного Приазов'я - 2,1 км<sup>3</sup> .

За характером внутрішньорічного розподілу стоку річка Дон відноситься до річок з весняним половіддям і низькою меженню в іншу частину року. Річка Кубань відрізняється стоком тривалим весняно-літнім половіддям і короткостроковими, але з потужними зимовими паводками. В теперішній час стік Дону і Кубані зарегулюванні внаслідок господарчої діяльності.

Загальна площа водозбірного басейну Дона становить 422 тис. км<sup>3</sup> , Кубані - 58-59 тис. км<sup>3</sup> [6]. При впадінні в море Дон і Кубань утворюють великі дельти з багатьма рукавами площею 540 км<sup>2</sup> і 4300 км<sup>2</sup> відповідно [3,4]. У приморській частині дельти річки Кубань по берегах основних рукавів, що впадають в Азовське море (рукав Петрушина і Протока), розташовані 240 лиманів загальною площею 1250 км<sup>2</sup> . Морський кордон гирлової області розташована на відстані 3-4 км від морського краю дельти. Загальна площа гирлового узмор'я - 110 км<sup>2</sup> . 16

Протяжність гирлової області Дону складає приблизно 300 км, з яких 140 км припадає на Таганрозьку затоку. Середня ширина Таганрозької затоки становить 37 км, ширина в самій вузької і широкої частин відповідно 37 і 52 км, середня глибина затоки близько 5 м, площа 5240 км<sup>2</sup> , об'єм вод 24,6 км<sup>3</sup> . Протяжність морської дельти близько 55 км. Водообмін Таганрозької затоки і власне Азовського моря здійснюється через Довжанську протоку, розташовану між косами Довгою і Білосарайської. Довжанську протоку

відносить до поперечних, двовимірним протоком, її ширина становить 30 км при середній глибині - 6,6 м, а площа поперечного перерізу - 191800 м<sup>2</sup> [5].

Водообмін з затокою Сиваш здійснюється через протоку Тонкий, але грає незначну роль у водному балансі Азовського моря [2, 4]. В середньому за багаторічний період 1923-2000 рр. відтік вод з Сиваша в Азовське море склав 0,4 км<sup>3</sup>, зворотний потік з Азовського моря в затоку Сиваш склав 1,4 км<sup>3</sup>. Протока Тонкий має вигляд вузької річкової дельти з вершиною, зверненої до Азовського моря, довжина протоки 4 км, середня ширина 100 м, максимальна глибин 4,7-5 м, площа перетину на гідрологічному створі при середній багаторічній величині рівня в Генічеську становить 259-265 м<sup>2</sup>; при зміні рівня на 10 см площа перетину змінюється на 6,5-7 м<sup>2</sup> [6,7,8].

Азовське море розташоване в південній частині помірного кліматичного поясу і його клімат формується, в основному, під впливом великомасштабних синоптичних процесів, а також визначається географічним положенням басейну моря. В осінньо-зимовий час переважної синоптичної ситуації є вплив відрога сибірського антициклону, що проявляється в переважанні вітрів східної чверті. Діяльність середземноморських циклонів характерна в весняний сезон, до літа вона слабшає і основний вплив в липні-серпні надає відріг Азорського антициклону, що забезпечує мало-вітряну, суху і теплу погоду.

Тепловий баланс Азовського моря в середньому за рік більше нуля в центральній частині моря і менше нуля - в мілководній прибережній частині моря і в Таганрозькій Затоці. Період позитивного теплового балансу для Таганрозької затоки складає близько 3 місяців, збільшуючись до центру моря до 5-5,5 міс. Середньорічна температура повітря над Азовським морем зростає від 9,3-9,5 °С на півночі-сході моря до 11,3 °С - на півдні моря. З огляду на незначну теплоємність моря і його внутрішньоконтинентальне положення, вплив термічних умов Азовського моря на клімат навколишньої території незначний. Різниця процесів нагрівання та охолодження його вод

помітно позначається тільки в перехідні сезони (квітень-травень, жовтень - листопад).

Для Азовського басейну характерне переважання вітрів східної чверті, особливо в холодний період року (жовтень-квітень). Повторюваність східних вітрів в середньому за рік становить 19-22% і максимальна в холодний період року (23-36%). Північно-східні вітри спостерігаються дещо рідше, за рік 13-23%, а в зимовий сезон 17-24% від загального числа випадків. Штормовий вітер східних і північно-східних румбів швидкістю більше  $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  в холодний період року має найбільші повторюваність (0,5-3%) і безперервну тривалість (до 200 годин).

Особливостями сольової структури моря є значні просторові і вертикальні градієнти, особливо у фронтальних зонах поблизу Керченської протоки, а також естуаріїв Дону і Кубані, і щодо мало градієнтне поле солоності в центральному і південно-західному районах моря.

Для Азовського моря характерно щорічне поява льоду і його вітрове перерозподіл в холодну пору року (жовтень-квітень). В окремі помірні і суворі зими льодові умови можуть бути дуже складними і судноплавство без підтримки криголамного флоту неможливо. Повне покриття моря припаєм товщиною 50-90 см відзначено взимку 1953-1954 рр. У Льодовитого зими відзначається значна торосистого моря, особливо в західній його частині, в цьому ж районі, як правило, відбувається найпізніше очищення моря від льоду (лютий-квітень, у виняткових випадках перша декада травня). Більш повна інформація по 2007 рік була отримана за посиланням.

## 2 ХВИЛЮВАННЯ БІЛЯ БЕРЕГІВ МОРЯ

Основні характеристики хвилювання на Азовському морі визначаються двома факторами - вітровими умовами над морем і фізико-географічними особливостями басейну. Розвиток віл хвилювання і розміри хвиль обмежуються відносно короткими розгонами, мілководністю і значною площею покриття моря льодами в холодний сезон року.

Слід зазначити, що режим хвилювання Азовського моря маловивчений. Поля хвилювання і режимні характеристики, розраховані напівемпіричним методом за типовими полях вітру приведені в довідниках. Було отримано основні характеристики хвилювання шляхом застосування двовимірної чисельної моделі на досить грубій сітці. Як зазначено в останньому довідковому посібнику, Азовське море - єдине з морів колишнього СРСР, за яким відсутня регіональний атлас хвилювання і вітру.

Сучасне рішення ряду прикладних задач, таких як проектування газодобувних платформ, рекреаційне будівництво, безпеку мореплавання і рибальства, вимагають отримання надійних режимних характеристик вітрового хвилювання. незважаючи на те, що спостереження за велінням на морських гідрометстанціях проводяться візуально, а також мають обмежену репрезентативність для відкритих районів моря, узагальнення натурних спостережень становить певний інтерес, особливо для вирішення прикладних задач поблизу берегів.

Коротка характеристика пунктів спостережень за хвилюванням на морської берегової мережі Азовського моря приведена в табл. 2.1. Аналіз даних візуальних спостережень на берегових пунктах Азовського моря (табл. 2.2.-2.4, рис. 2.1) дозволив зробити висновок про переважання на більшій частині узбережжя, як за рік, так і в окремі сезони, хвилювання східного, північно-східного і західного, південно-західного напрямків, що, загалом, відповідає вітрового режиму моря і добре узгоджується з повторюваністю штормового вітру. Виняток становить район поблизу Керченської протоки

(МГС Небезпечне), де найбільшу повторюваність має хвилювання північних і південних румбів внаслідок особливості розташування пункту спостережень (табл.2.1).

В цілому в прибережній зоні Азовського моря переважає незначне хвилювання, в 89-95% випадків висота візуально спостережених хвиль на всіх берегових пунктах не перевищує 0,7 м, причому в 1,5-8% випадків спостерігається штильовий стан моря. До особливостей хвильового режиму Азовського моря слід віднести і практичну відсутність хвиль брижах. З даних натурних спостережень випливає, що значні висоти хвиль в прибережній зоні спостерігаються рідко, переважно в зимовий та осінній сезони. хвилювання від румбів, що володіють найбільшою повторюваністю, є, як правило, і найбільш небезпечним. Максимальні висоти хвиль змінюються на узбережжі від 1,8-2,0 м (Бердянськ, Небезпечне, Маріуполь) до 2,8-3,0 м (Мисове і Должанська). Незважаючи на незначні спостережені максимальні висоти хвиль на берегових МГС, розвиток сильного хвилювання на Азовському морі, як правило, супроводжується значними штормовими нагонами. В результаті на північному узбережжі (Генічеськ, Бердянськ) і особливо в південно східних районах Азовського моря (Темрюк) періодично спостерігаються руйнування берегової інфраструктури портів від дії хвиль.



Таблиця 2.1 Характеристика пунктів спостережень за хвилюванням на береговій мережі Азовського моря.

№	Пункт спостережень	Глибина в місці спостережень(м)	Район спостережень	Примітка
1	Небезпечне	3	Керченський пролив	
2	Мисове	6	Арабатський залив	Занижені висоти хвиль східних румбів, внаслідок впливу мису Казантип
3	Бердянськ	4,6 - 6,8	Бердянський залив	
4	Маріуполь	3	Таганрогський залив	Портовий мол закриває хвилі йдуть від Пн, ПнСх
5	Пр. - Ахтарськ	2	Ясенський залив	
6	Должанська	4	Море	

В останні 30 років (1977-2007) на більшості пунктів Азовського узбережжя спостерігається хвилювання малої інтенсивності, максимальні висоти хвиль спостерігалися, як правило, в 50-60-і роки минулого століття. Зменшення штормового хвилювання на узбережжі моря, пов'язане зі зниженням вітрової активності в басейні Азовського моря, перш за все сильних вітрів східної і західної чверті. Особливістю режиму штормового хвилювання в осінній сезон за останні 10-15 років є регулярний вихід середземноморських циклонів в листопаді, що супроводжується сильним штормовим хвилюванням південних румбів. Характерні випадки спостерігалися 14-16/11/1992 р. і 06-07 / 11/2007 р. Останній випадок, в результаті дії хвиль і нагону, привів до руйнувань берегової інфраструктури та затоплення через дренажну систему центру міста Бердянськ.

Таблиця 2.2 Багаторічна повторюваність (%) висот хвиль (м) по градаціях та місяцям на берегових пунктах Азовського моря

Місяць, Градаці ї ( м)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Небезпечне 1955-2002 рр.</b>													
<b>≤0.2</b>	49, 9	49,2	48,6	54, 4	53, 8	55, 2	54, 2	49,3	48, 0	47, 7	47, 3	48, 7	<b>50, 9</b>
<b>0.3-0.7</b>	41, 5	44	5,8	44, 2	43, 2	43, 8	42, 7	47,0	46, 0	44, 8	43, 8	42, 5	<b>44, 0</b>
<b>0.8-1.2</b>	7,2	6,8	5,8	2,9	2,5	1,0	3,0	3,6	5,6	7,0	7,3	6,9	<b>4,4</b>
<b>1.3-1.9</b>	1,4	0,0	1,7	0,8	0,5	0,0	0,0	0,2	0,4	0,5	1,7	2,0	<b>0,7</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Мисове 1954-2002 рр.</b>													
<b>≤0.2</b>	68, 2	77,9	72, 1	75, 9	76, 7	72, 9	72, 8	75,4	73, 2	71, 0	68, 8	69, 0	<b>73, 0</b>
<b>0.3-0.7</b>	22, 5	18,7	23, 6	21	19, 7	21, 3	20, 5	17,7	20, 0	21, 0	22, 8	22, 5	<b>20, 8</b>
<b>0.8-1.2</b>	7,6	2,9	3,7	2,7	3,3	5,3	5,9	5,6	5,8	6,0	6,5	7,4	<b>5,3</b>
<b>1.3-1.9</b>	1,6	0,4	0,7	0,4	0,3	0,5	0,9	1,2	0,8	1,8	1,7	1,1	<b>0,9</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	<b>0,1</b>
<b>Бердянськ 1954-2002 рр.</b>													
<b>≤0.2</b>	78,5	77, 7	82, 7	70, 8	68, 3	68, 6	72, 8	76,4	74, 7	74, 9	71, 3	74, 5	<b>72, 9</b>
<b>0.3-0.7</b>	15,6	18, 0	14, 8	25, 3	28, 3	28, 7	23, 6	20,7	21, 8	22, 2	24, 6	20, 8	<b>23, 8</b>
<b>0.8-1.2</b>	5,7	4,3	2,5	3,6	3,4	2,5	3,5	2,8	3,4	2,9	3,9	4,7	<b>3,3</b>
<b>1.3-1.9</b>	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	<b>0,0</b>

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Маріуполь 1954-2002 рр.</b>													
<b>≤0.2</b>	35,8	46,2	38,8	47,1	48,1	55,6	61,5	58,8	54,8	49,5	42,1	48,7	<b>52,2</b>
<b>0.3-0.7</b>	44,6	45,0	38,9	40,4	41,9	39,2	34,7	35,2	37,3	39,6	42,4	38,1	<b>38,7</b>
<b>0.8-1.2</b>	18,9	8,9	21,6	12,3	9,8	4,9	3,6	6,0	7,9	10,5	15,0	13,1	<b>8,9</b>
<b>1.3-1.9</b>	0,7	0,0	0,7	0,2	0,3	0,3	0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,1	<b>0,2</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Приморско-Ахтарськ 1954-1990 рр.</b>													
<b>≤0.2</b>	63,3	56,3	57,7	57,3	59,3	62,8	64,9	68,2	67,5	66,0	61,7	67,8	<b>63,4</b>
<b>0.3-0.7</b>	27,8	32,7	32,5	36,6	34,9	33,3	31,8	28,3	28,6	29,1	32,7	27,4	<b>31,5</b>
<b>0.8-1.2</b>	7,9	9,8	8,5	5,5	4,9	3,6	2,8	3,0	3,6	4,4	5,5	4,4	<b>4,6</b>
<b>1.3-1.9</b>	1,2	0,9	1,1	0,2	0,7	0,3	0,5	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	<b>0,5</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,0	0,4	0,2	0,4	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	<b>0,0</b>
<b>Должанська 1954-1990 рр.</b>													
<b>≤0.2</b>	72,7	83,1	70,8	67,2	66,8	65,8	67,7	75,4	73,8	74,6	70,2	68,2	<b>70,1</b>
<b>0.3-0.7</b>	11,3	9,5	19,2	21,4	20,7	22,0	22,8	17,3	16,7	15,2	18,6	19,2	<b>19,4</b>
<b>0.8-1.2</b>	13,8	5,8	6,5	9,3	9,0	10,2	7,2	5,6	7,7	7,5	9,2	9,6	<b>8,1</b>
<b>1.3-1.9</b>	1,9	1,6	3,2	2,0	3,1	1,9	2,1	1,5	1,5	2,3	2,0	2,7	<b>2,2</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,3	0,0	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,0	0,3	<b>0,2</b>



Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Сума</b>	<b>5,7</b>	<b>14,2</b>	<b>23,0</b>	<b>9,7</b>	<b>12,1</b>	<b>14,8</b>	<b>10,9</b>	<b>5,9</b>	<b>100</b>	
<b>Маріуполь 1954-2002 рр.</b>										
<b>Штиль</b>									<b>8,4</b>	<b>100,0</b>
<b>≤0.2</b>	6,8	3,5	7,2	3,2	5,9	2,8	8,2	6,2	43,8	<b>91,6</b>
<b>0.3-0.7</b>	2,6	2,9	13,2	2,0	6,1	3,5	6,0	2,4	38,7	<b>91,6</b>
<b>0.8-1.2</b>	0,0	0,5	6,1	0,2	0,8	0,9	0,3	0,1	8,9	<b>9,1</b>
<b>1.3-1.9</b>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	<b>0,2</b>
<b>Сума</b>	<b>9,4</b>	<b>6,9</b>	<b>26,7</b>	<b>5,4</b>	<b>12,8</b>	<b>7,2</b>	<b>14,5</b>	<b>8,7</b>	<b>100</b>	
<b>Приморско-Ахтарськ 1954-1990 рр.</b>										
<b>Штиль</b>									<b>1,7</b>	<b>100,0</b>
<b>≤0.2</b>	6,4	8,3	98,3	7,5	3,7	5,9	7,1	9,3	61,7	<b>98,3</b>
<b>0.3-0.7</b>	2,8	3,0	36,6	1,3	0,7	3,8	6,5	5,9	31,5	<b>36,7</b>
<b>0.8-1.2</b>	0,2	0,2	5,1	0,1	0,1	0,9	1,2	0,7	4,6	<b>5,2</b>
<b>1.3-1.9</b>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	<b>0,6</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,1</b>
<b>Сума</b>	<b>9,4</b>	<b>11,5</b>	<b>22,3</b>	<b>8,9</b>	<b>4,5</b>	<b>10,7</b>	<b>15,0</b>	<b>16,0</b>	<b>100</b>	
<b>Должанська 1954-1990 рр.</b>										
<b>Штиль</b>									<b>1,5</b>	<b>100,0</b>
<b>≤0.2</b>	4,2	19,4	20,5	4,4	2,4	5,4	6,3	6,0	68,6	<b>98,5</b>
<b>0.3-0.7</b>	1,3	0,6	1,5	1,2	1,2	5,1	5,2	3,3	19,4	<b>29,9</b>
<b>0.8-1.2</b>	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	2,6	3,3	1,7	8,1	<b>10,5</b>
<b>1.3-1.9</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	0,3	2,2	<b>2,4</b>
<b>2.0-3.0</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	<b>0,2</b>
<b>Сума</b>	<b>5,7</b>	<b>20,0</b>	<b>22,0</b>	<b>5,7</b>	<b>3,8</b>	<b>14,1</b>	<b>15,9</b>	<b>11,3</b>	<b>100</b>	

Таблиця 2.4 Максимальні спостережені значення висот хвиль  
( $H_{max}$ , м) і напрями вітру на берегових пунктах Азовського моря.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Небезпечне 1955-2002 рр.</b>													
Нмах	1,6	1,6	1,8	2,0	1,8	2,0	1,3	1,8	1,8	1,5	1,8	1,9	2,0
Румб	Пн ПнС х	ПнС х	ПнС х	ПнС х Сх	ПнС х	Пн	ПнС х	ПнС х	Пн	ПнС х	Сх	ПнС х Сх	Пн ПнС хСх
Дата	19.0 1.59 26.0 1.59	12.0 2.59 13.0 2.59	16- 18.0 3.59	27.0 4.64 12.0 4.65	16.0 5.66	13.0 6.55	02.0 7.57	26.0 8.99	12.0 9.56	08.1 0.98 8.10 .00 21.1 0.00	29.1 1.98	1,2, 7- 9.12 .02	13.0 6.55 27.0 4.64 12.0 4.65
<b>Мисове 1954-2002 рр.</b>													
Нмах	2,0	2,4	1,7	1,6	2,1	2	2,4	2,1	2,8	2,6	2,2	2,5	2,8
Румб	ПнЗ	ПнЗ	ПнЗ	З	З	З	З	З	З	З	ПнЗ	ПнЗ	З
Дата	18.0 1.61	06.0 2.59	16.0 3.61	16.0 4.59	23.0 5.55	24.0 6.60	05.0 7.60	14.0 8.56 25.0 8.56	29.0 9.59	28.1 0.69	27.1 1.64	29.1 2.81	29.0 9.59

## Продовження таблиці 2.4

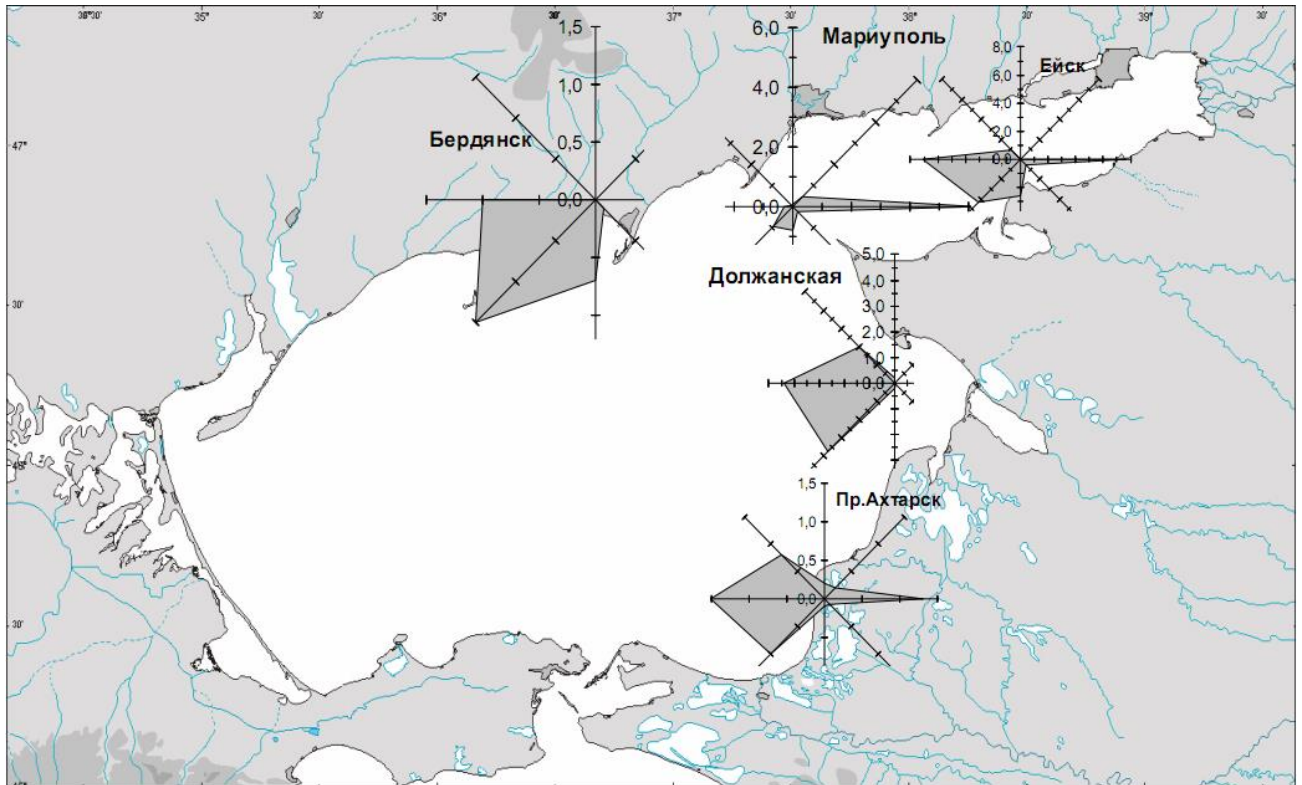
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Бердянськ 1954-2002 рр.</b>													
Н м ах	1,5	1,2	1, 3	1,6	1, 3	1,8	1,6	1,3	1,3	1,6	1, 5	1,5	1, 8
Ру м б	ПдЗ	3	3	Пд	П д П дЗ	Пд	Пд	Пд Пд З	3 ПдЗ	ПдЗ	П д П дЗ	3	П д
Д аг а	04.01. 81	02.02.8 1	14 .0 3. 90	22.04. 58	30 .0 5. 56 21 .0 5. 96	05.06 .01	05.0 7.58	13. 08. 56 12. 08. 98	29.09 .59 07.09 .00	18.1 0.58	15 .1 1. 92 16 .1 1. 01	14.12 .81	05 .0 6. 01
<b>Маріуполь 1954-2002 рр.</b>													
Н м ах	1,5	2	1, 5	1,6	1, 6	1,9	1,5	1,3	1,5	1,8	1, 8	1,3	2
Ру м б	Сх	Сх	Сх	Сх	Сх	Сх	Сх ПнС х Пд ПдС х	Сх	ПнС х ПдС х Пд	Сх	Сх	Сх	Сх
Д аг а	26.01. 84 12.01. 88	26.01.8 4 12.01.8 8	29 .0 3. 88	01.04. 58	27 .0 5. 58 28	03.06 .58	01.0 7.55 5,6.0 7.85	06. 08. 58	12.09 .56 06.09 .85 09.09	26.1 0.87 28.1 0.87	29 .1 1. 87	29.12 .60	14 .0 2. 55

					.0				.88				
					5.								
					58								
<b>Приморско-Ахтарськ 1954-1990 рр.</b>													
Н м ах	1,5	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,2	2	2,5	2	2	2,5
Р у м б	Пд ПдЗ ПнЗ ПнСх Сх	3	Сх	ПдЗ	П дЗ З П нЗ	ПнС х	ПнЗ З	3	ПнЗ	ПдЗ	П н Сх З	ПдЗ ПнЗ З	П дЗ З П нС х

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Да та	05, 16, 23. 01. 55 29. 01. 56 28. 01. 60 13. 01. 76 18. 01. 86	01. 02. 60 .60	07.03 .60 22.03 .60	12.0 4.56	23.0 5.55 24.0 5.55 21.0 5.60	13.0 6.55	22.0 7.54 08.0 7.56	14.0 8.56	30.0 9.63	19.1 0.54	02.1 1.55 30.1 1.60	8,9, 12,1 3 .12. 55	01. 02. 60 12. 04. 56 13. 06. 55 19. 10. 54
<b>Должанська 1954-1990 рр.</b>													



Н м ах	2,7 5	1,5	2	2	2,9	2	2,5	2,9	2,5	2,9	2,4	3	3
Ру мб	Пд 3	3	Пд 3 Пн 3 3	Пд3	Пн3	3 Пд3	3	Пд3	3	3	Пн3	3	3
Да та	09. 01. 60	05. 02. 59	16. 03. 57 10. 03. 59 04. 03. 71	04.0 4.72	25.0 5.55	05.0 6.67 11.0 6.69 25.0 6.69	06.0 7.60	14.0 8.56	29.0 9.59	28.1 0.58	30.1 1.60	12.12 .55	12. 12. 55



**Рис. 2.1** Річні троянди повторюваності (%) штормового хвилювання за напрямками ( $\geq 8$  дм) на узбережжі Азовського моря.

### 3 МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ

Станція Маріуполь є гідрометеорологічною станцією 1-го розряду і знаходиться в Таганрозькій затоки, а її координати є такими – 47°26' півн.шир., 37 °29' східної довготи. Глибина в місці спостережень становить 3 м. Портовий мол захищає акваторію порту від хвиль, які рухаються з півночі і північного сходу. Спостереження за хвилями є визуальними. Спостереження на станції почалися з 1916 року і продовжуються по теперішній час, а дані спостережень містяться в таблицях ТГМ. Для аналізу з таблиць ТГМ обирались максимальні за місяць значення висот хвиль, а також напрями і швидкості вітру, які спостерігались під час виникнення максимальних хвиль за період 1985-2016 рр.

Слід відмітити, що режим хвилювання Азовського моря мало вивчений. В довідковому посібнику [1] відмічається, що Азовське море – єдине з морів бувшого СРСР, по якому відсутній регіональний атлас хвилювання та вітру. Наведені в більш пізніх [2] літературних джерелах дані про мінливість хвилювання в Азовському морі (зокрема для станції Маріуполь) базуються на даних спостережень, які закінчуються 2002 роком. Також в літературних джерелах відсутній аналіз синоптичних процесів, які обумовлюють максимальні хвилі в прибережних районах Азовського моря. Тому представляє інтерес проаналізувати: які зміни відбулись в мінливості хвилювання моря на станції Маріуполь за останні роки і які синоптичні процеси сприяють розвитку максимальних хвиль. Для цього виконувався аналіз синоптичних карт з [9,10].

Ряди, які використовувались для виконання магістерської роботи включають спостереження останніх років, їх тривалість складає 32 роки і є достатньою для порівняльного аналізу і оцінки змін хвилювання в Азовському морі на прикладі станції Маріуполь. Для визначення кількісних оцінок мінливості висот хвиль використовувались стандартні методи

статистичної обробки рядів спостережень - програма SPSS ( Statistical Package for the Social Sciences) [13]. Використовувався ретроспективний і порівняльний аналіз особистих досліджень з приведеними в літературних джерелах даних.

## 4 МІНЛИВІСТЬ МАКСИМАЛЬНИХ ВИСОТ ХВИЛЬ В АЗОВСЬКОМУ МОРІ ЗА ДАНИМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА СТАНЦІЇ МАРІУПОЛЬ

### 4.1 Сезонна та між річна мінливість максимальних висот хвиль за даними спостережень на станції Маріуполь

Для оцінки мінливості максимальних висот хвиль в Азовському морі використовуються дані про максимальні і мінімальні строкові значення рівня з таблиць ТГМ за кожен місяць року за весь період спостережень ( 1985-2016 рр.), які наведено в таблиці 4.1.1.

Таблиця 4.1.1 Максимальні за місяць висоти хвиль (в м) на станції Маріуполь за період 1985- 2016 рр, з таблиць ТГ.

Рік	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1985	-		-	1,2	1,2	1	1,5	1	1,5	1,2	1	-
1986	1,2	-	-	1	0,8	1,5	0,8	1	1	1,2	1,5	-
1987	-	-	-	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	0,8	0,8	1	1,2	1,8	1,8	-
1988	-	-	-	<b>1,5</b>	1,2	1,2	0,7	1,2	1,5	1,2	1,5	-
1989	1,2	1,2	0,8	1	1	1,2	0,7	1,2	1	0,8	1,2	-
1990	-	-	1	0,7	1	1	0,5	0,5	0,5	1,2	0,8	1
1991	-	-	-	1	1	0,8	0,5	0,8	0,8	1	1	-
1992	-	-	1,2	0,8	0,8	1	0,8	1	0,8	0,8	1,2	-
1993	-	-	-	1	1	0,8	0,8	1	1	1	-	-
1994	-	0,5	-	1	0,8	0,8	0,8	1	1	1	0,8	-
1995	-	-	1	1	0,8	1	1	1	1	0,8	0,8	-
1996	-	-	-	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1
1997	-	-	0,8	1,2	1	0,8	0,5	0,8	0,8	1	1	-
1998	-	-	-	1	1	0,8	0,9	0,8	1	1	1	-
1999	-	0,8	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	-
2000	-	-	1	0,8	1	0,8	1	1	1	1	1	1
2001	-	-	1	1	1	<b>1,3</b>	0,8	0,8	1	0,8	1	-
2002	-	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	1	-
2003	-	-	-	<b>1,4</b>	1	1	1	0,8	1	0,8	1	0,8

<b>2004</b>	1	1	<b>1,3</b>	1	0,8	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>2005</b>	1	-	-	1	0,8	0,8	1	1	0,5	1	1	0,8
<b>2006</b>	-	-	-	0,5	1	0,8	0,8	1	1	0,5	0,8	0,8
<b>2007</b>	1	1	1	0,5	1	0,8	0,8	1	1	1	1,2	0,8
<b>2008</b>	-	-	1	1	0,8	0,5	0,8	0,5	1	0,8	1	-
<b>2009</b>	-	-	1	0,8	0,5	<b>1,3</b>	0,5	0,5	1	1	0,8	-
<b>2010</b>	-	-	1	1	0,8	1	1	1	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	0,8	1
<b>2011</b>	-	-	-	1	0,8	<b>1,3</b>	1	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8
<b>2012</b>	-	-	-	0,5	<b>1,2</b>	0,8	0,8	1	0,5	0,5	1	-
<b>2013</b>	-	-	1	1	1	0,8	0,5	0,8	1	0,8	0,8	0,5
<b>2014</b>	-	-	1	1,2	1,2	1	0,8	0,5	<b>1,3</b>	1	0,8	-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>2015</b>	-	-	<b>1,2</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	1	0,5	0,5
<b>2016</b>	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	0,5	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	-
<b>Сер.зн.</b>	1,08	0,9	1	0,98	0,95	0,92	0,81	0,87	0,93	0,95	1	0,81
<b>Макс.</b>	1,2	1,08	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,5	1,8	1,8	1
<b>Мін.</b>	1	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Прогалини означають, що спостереження над хвилюванням не проводилися через лід на морі. Чорним кольором виділені максимальні висоти хвиль.

На рисунку 4.1.1 показано, як змінюються середні, максимальні і мінімальні з максимальних висот хвиль по місяцях року.

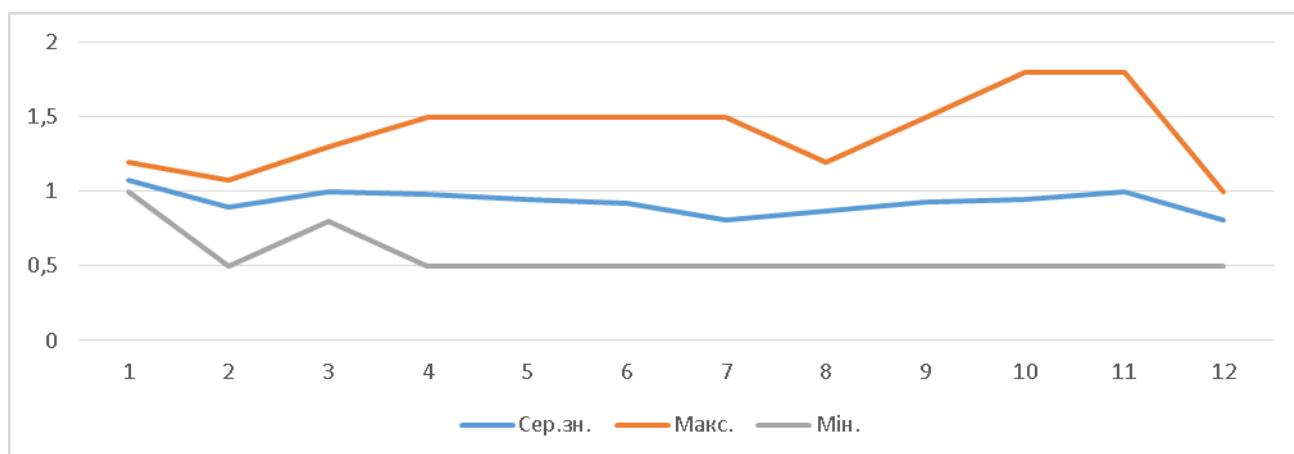


Рис.4.1.1 Максимальні, мінімальні та середні за місяць висоти хвиль (в м) на станції Маріуполь за період 1985- 2016 рр.

Як видно с таблиці максимальні за місяць висоти хвиль (в м) на станції Маріуполь за період 1985-2016 рр, спостерігаються у жовтні та листопаді, зі значеннями 1,8 м. Мінімальні значення спостерігаються в літні місяці року. Весною в деякі роки максимальні хвилі можуть також досягати значних величин, наприклад в квітні і травні 1987р. а також в квітні 1988 р. їх значення складали 1.5 м.

Небезпечні хвилі в Азовському морі викликаються дією вітру. При цьому має значення як швидкість вітру, так і його напрям. В таблиці 4.1.2 представлено значення максимальної швидкості вітру, яка фіксувалася в день максимальної висоти хвилі, а на рисунку 4 – зміни за рік розрахованих по вихідним даним максимальних, мінімальних і середніх значень швидкості вітру.

Таблиця 4.1.2 Максимальні значення швидкості вітру (в м·с<sup>-1</sup>) в день максимальної висоти хвилі на станції Маріуполь за період 1985- 2016 рр.

Рік	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>1985</b>	-	-	-	<b>18</b>	14	12	<b>20</b>	14	<b>18</b>	15	12	-
<b>1986</b>	14	-	-	12	9	<b>28</b>	9	9	14	12	14	-
<b>1987</b>	-	-	-	14	15	10	9	12	14	<b>18</b>	<b>17</b>	-
<b>1988</b>	-	-	-	14	12	12	7	10	<b>18</b>	14	13	-
<b>1989</b>	16	14	10	13	12	13	8	14	12	10	14	-
<b>1990</b>	-	-	12	10	12	10	8	6	7	14	10	13
<b>1991</b>	-	-	-	15	11	10	10	10	10	14	12	-
<b>1992</b>	-	-	14	8	10	12	8	12	9	11	<b>21</b>	-
<b>1993</b>	-	-	-	14	13	10	10	13	13	14	-	-
<b>1994</b>	-	8	-	11	9	8	8	15	14	11	10	-
<b>1995</b>	-	-	<b>18</b>	13	10	13	12	10	12	8	8	-
<b>1996</b>	-	-	-	13	11	11	12	10	12	7	13	12

<b>1997</b>	-	-	9	<b>19</b>	10	10	5	7	8	13	12	-
<b>1998</b>	-	-	-	12	13	8	11	11	12	10	14	-
<b>1999</b>	-	15	10	14	10	9	11	8	8	7	10	-
<b>2000</b>	-	-	11	10	10	8	11	13	13	13	12	10
<b>2001</b>	-	-	11	11	9	16	7	8	11	9	11	-
<b>2002</b>	-	11	13	16	9	14	11	8	10	12	12	-
<b>2003</b>	-	-	-	<b>20</b>	14	11	12	8	11	14	13	10
<b>2004</b>	13	11	13	13	10	8	7	11	7	10	8	10
<b>2005</b>	10	-	-	11	12	9	9	9	5	11	12	10
<b>2006</b>	-	-	-	5	10	12	12	10	8	6	8	7
<b>2007</b>	11	14	12	7	10	12	8	12	12	9	<b>18</b>	8
<b>2008</b>	-	-	12	10	10	5	8	6	12	8	12	-
<b>2009</b>	-	-	11	10	5	14	7	7	13	12	11	-
<b>2010</b>	-	-	9	14	9	13	13	13	14	<b>19</b>	10	12
<b>2011</b>	-	-	-	9	10	10	10	8	6	10	8	8
<b>2012</b>	-	-	-	8	12	10	10	10	5	6	15	-
<b>2013</b>	-	-	13	12	11	11	8	10	11	11	12	7
<b>2014</b>	-	-	13	14	13	12	10	7	<b>20</b>	14	10	-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>2015</b>	-	-	<b>16</b>	9	11	10	10	6	11	13	6	11
<b>2016</b>	-	10	12	11	10	10	9	11	7	14	13	-
<b>Сер.зн.</b>	12,8	11,86	12,17	12,19	10,81	11,28	9,69	9,94	11,16	11,53	11,97	9,83
<b>Макс.</b>	16	15	18	20	15	28	20	15	20	19	21	13
<b>Мін.</b>	10	8	9	5	5	5	5	6	5	6	6	7

Примітка: Чорним кольором виділені максимальні значення швидкості вітру (штормовий вітер).



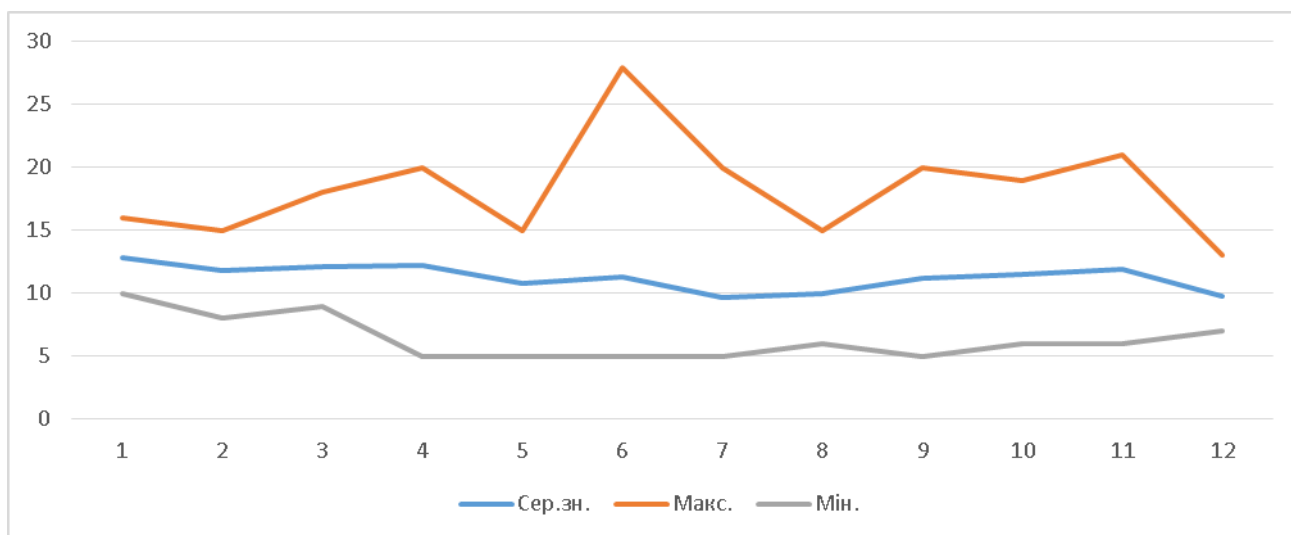


Рис.4.1.2 Максимальні, мінімальні та середні значення швидкості вітру (в м / с) в день максимальної висоти хвилі на станції Маріуполь за період 1985- 2016 рр.

Як видно з таблиці максимальні значення швидкості вітру (в  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) в день максимальної висоти хвилі на станції Маріуполь за період 1985-2016 рр., максимальна швидкість вітру спостерігалася у червні (1986р.) та листопаді (1992 р.) і досягала  $28 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і  $21 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  відповідно.

В таблиці 4.1.3. представлено результати розрахунків числа випадків і повторюваності напрямів максимальної швидкості вітру, при яких на станції Маріуполь спостерігаються максимальні висоти хвиль.

Таблиця 4.1.3 Повторюваність напрямків вітру (число випадків і в процентах), при яких спостерігаються максимальні висоти хвиль.

<b>Румби напрямків вітру</b>	<b>Число випадків</b>	<b>Повторюваність в %</b>	<b>Сумарна повторюваність по переважаючим напрямками</b>
З	5	1,7	
ЗПнЗ	3	1	
ПнЗ	3	1	
ПнПнЗ	0	0	
Пн	0	0	
ПнПнСх	0	0	
ПнСх	2	0,7	
СхПнСх	29	<b>9,8</b>	
Сх	120	<b>40,7</b>	<b>63.7</b>
СхПдСх	39	<b>13,2</b>	
ПдСх	12	4,1	
ПдПдСх	10	3,4	
Пд	14	4,7	
ПдПдЗ	20	6,8	
ПдЗ	36	12,2	
ЗПдЗ	4	1,4	

З таблиці видно, що переважаючими напрямками, при яких спостерігаються максимальні хвилі, є СхПнСх, Сх, СхПдСх, а їх сумарна повторюваність складає 63,7%. В 40,7% випадків максимальні хвилі виникають при східному напрямку вітру.

#### **4.2 Аналіз синоптичних процесів, які викликають максимальні хвилі в районі станції Маріуполь**

Для визначення синоптичних процесів, які викликають максимальні хвилі в районі станції Маріуполь, обиралися випадки виникнення максимальних хвиль і виконувався аналіз синоптичних карт, які представляють поле приземного атмосферного тиску над акваторією

Азовського моря. Така інформація починаючи з 1998 року міститься на сайті [9]., де представлено архіви синоптичних карт [10]. На жаль карти атмосферного тиску представлено лише за один строк (00 годин Гринвіча), але ж і ця інформація є достатньою для опису синоптичної ситуації.

Максимальні хвилі спостерігаються в районі порту Маріуполь в різні сезони року- як в весняний , осінній так й в літній період. В зимові місяці в наслідок існування поблизу порту Маріуполь льодового покриву, дані про максимальні хвилі відсутні. Розглянемо деякі приклади. На рис. 4.2.1. представлено поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 6 червня 2001 року. Висота хвиль на станції Маріуполь досягала 1.3 м. При цьому вітер був південно-східним, південним, а його швидкість впродовж доби поступово зростала з  $16 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  до  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  , Як видно з рисунку, такі умови викликані циклоном з центром над північно-західною частиною Чорного моря, а Азовське море і порт Маріуполь знаходиться в передній частині циклону.

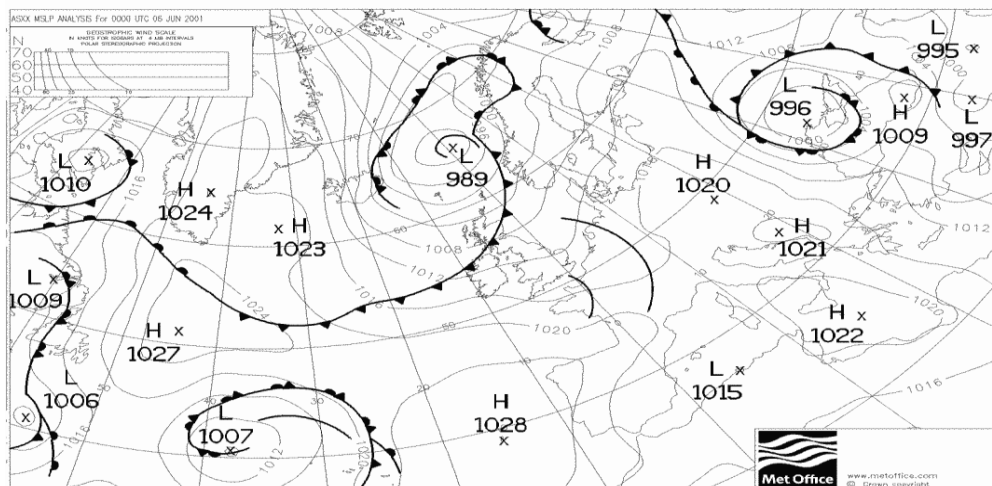


Рис.4.2.1 Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 6.06 2001 р.

Також на літній місяць припадає випадок, який спостерігався 27 червня 2009 року, висота хвилі досягала 1.3.м при східному вітри швидкістю  $14-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Поле приземного атмосферного тиску показано на рис.4.2.2. Над

Азовським морем спостерігається циклон з тиском 1007 мб в центрі, а над північчю Європейської частини Росії – потужний антициклон. Північні частина Азовського моря і район порту Маріуполь знаходиться в зоні значних градієнтів атмосферного тиску, які обумовлюють сильні вітри східного напрямку.

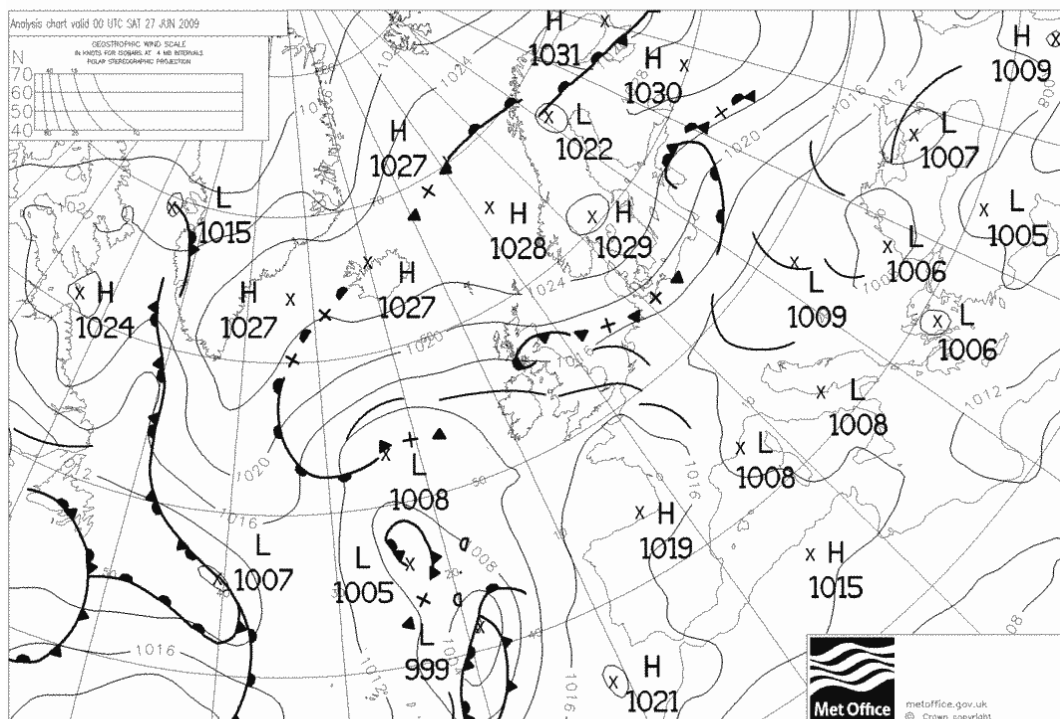


Рис 4.2.2 Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 27.06 2009 р.

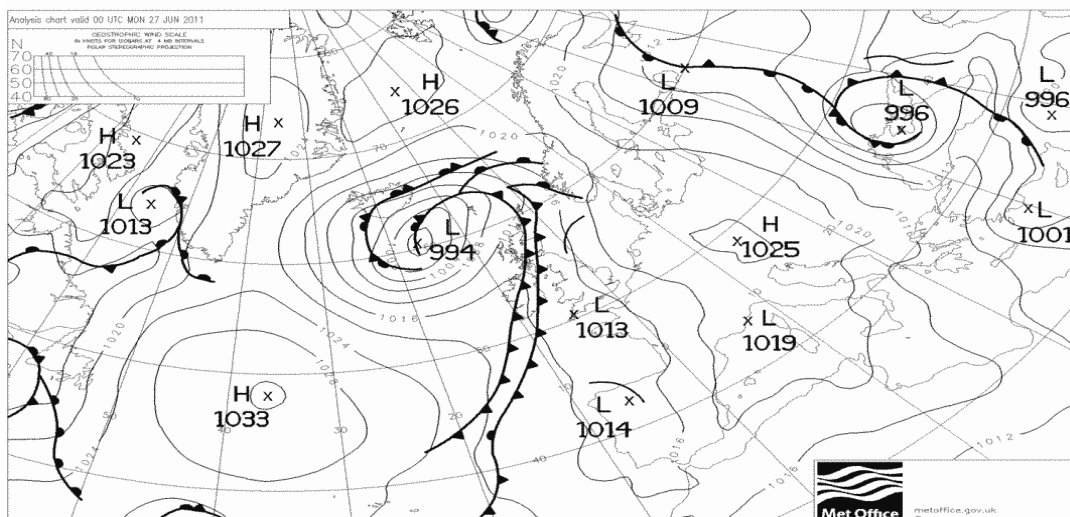


Рис 4.2.3. Поле атмосферного тиску за 00 Гринвіча 27.06 2011 р.

27 червня 2011 р. на станції Маріуполь спостерігалась висота хвиль 1.3 м, а карта приземного атмосферного тиску показано на рис. 3. Над північно-західною частиною Чорного моря знаходиться циклон, а Азовське море - в його передній частині. Вітер має напрям від південного до південно-східного, а його швидкість зростає продовж доби від  $19 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  до  $28 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

**Наведені приклади показують, що в літні місяці року максимальні хвилі в районі порту Маріуполь виникають під впливом циклону, які розповсюджені над північно-західною частиною Чорного моря, а район Азовського моря знаходиться в передній частині циклону.**

В весняні місяці року максимальні хвилі в районі Маріуполю можуть досягати значень 1.3-1.4 м. 18 квітня 2003 р. на станції Маріуполь швидкість східного вітру досягала  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а в 00 годин 19 квітня зросла до  $25\text{-}28 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Висота хвилі досягла 1.4 м. На рис. 4 показано поле атмосферного тиску 18 квітня 2003 р. Над Терцією розповсюджується відносно глибокий циклон з тиском 998 мб, а над Балтійським морем -потужний антициклон з тиском в центрі 1041 мб. Над Чорним і Азовським морем розташована зона взаємодії між двома центрами зі значними градієнтами атмосферного тиску, особливо

над північною частиною Азовського моря і районом Маріуполя., що обмовляло дуже сильний та сталий за напрямом східний вітер.

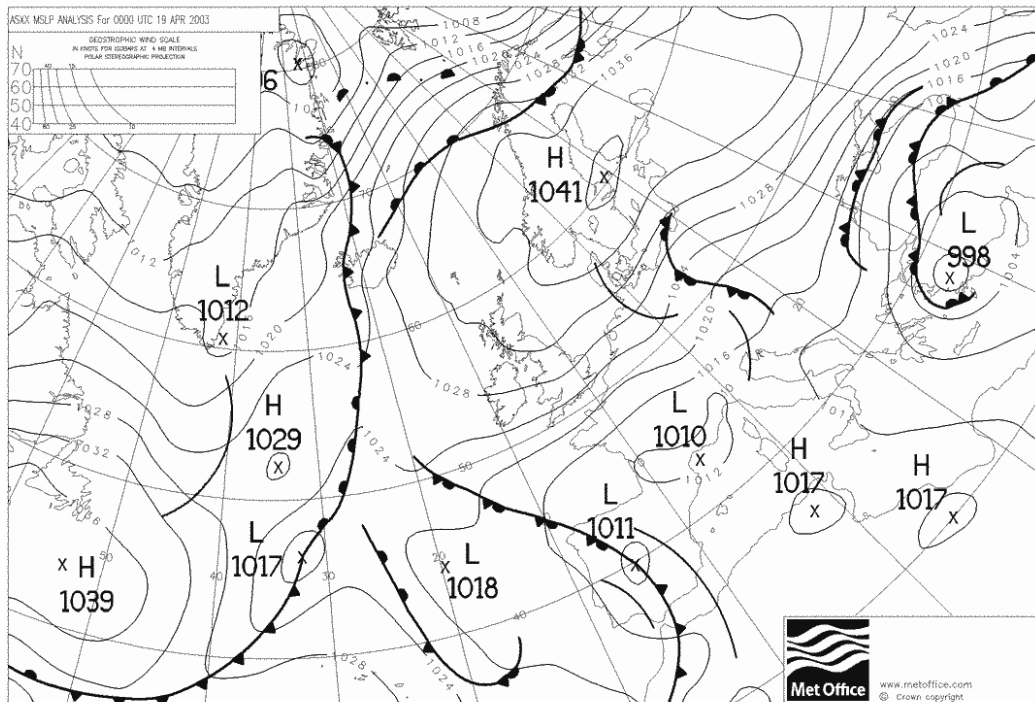


Рис.4.2.4 Поле атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 18.04 2003 р.

Аналогічна ситуація спостерігалася 10.03.2004 р., коли висота хвилі в Маріуполі досягала 1.3 м, при цьому швидкість східного вітру становила 14-19 м·с<sup>-1</sup> (Рис. 4.2.5). Циклон розташовується над заходом Терції, а над Балтійським морем – потужний антициклон. Азовське море підпадає під вплив зони взаємодії між двома центрами з сильним східним вітром.

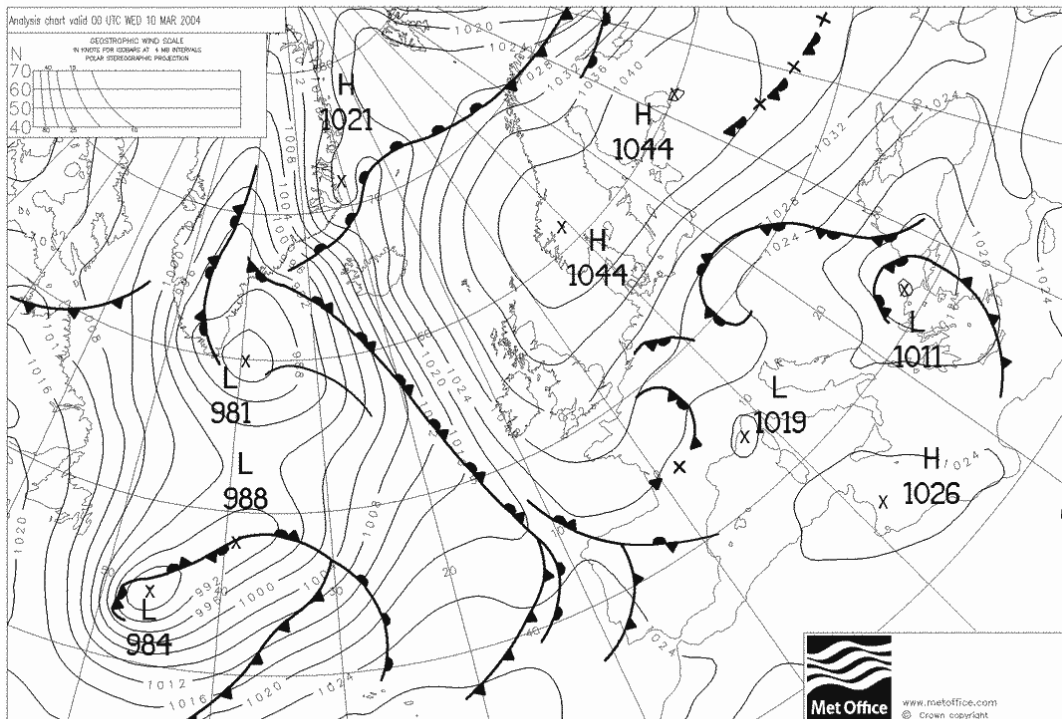


Рис.4.2.5 Поле атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 10.03. 2004 р.

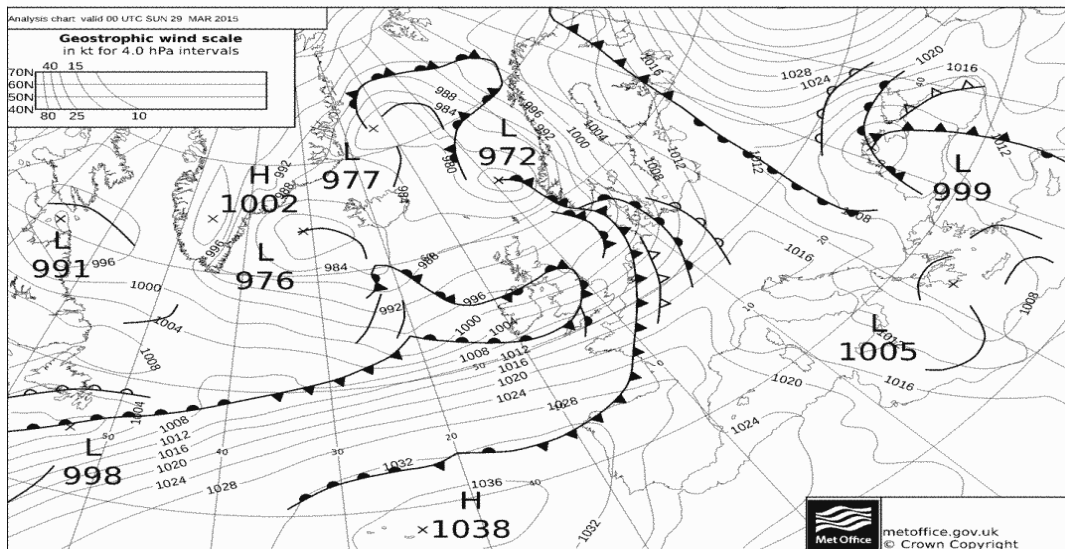


Рис.4.2.6 Поле атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 29.03. 2015 г.

На рис. 4.2.6 показана синоптична ситуація, яка 29.03. 2015 р. сприяла розвитку висоти хвиль до 1.2м. Карта розподілу атмосферного тиску

демонструє вихід з Середземного моря до північно-західної частини Чорного моря циклона, в той час як над європейською частиною Росії знаходиться потужний антициклон. В зоні взаємодії між ними - над Азовським морем спостерігався східний, південно-східний вітер швидкістю 20-28 м·с<sup>-1</sup>.

**Таким чином, в весняні місяці року максимальні хвилі в районі порту Маріуполь виникають під впливом зони взаємодії між циклонами над Терцією або Чорним морем і потужним антициклоном над Балтійським морем або європейською частиною Росії.**

В осінні місяці максимальні хвилі на станції Маріуполь досягають значень 1.2-1.4 м. На рис. 4.2.6-4.2.10 показано карти розподілу приземного атмосферного тиску 12.09. 2010 р., 9.10. 2010 р., 24.09.14 р., 25.10. 2016 р. і 22. 11.2016 р. відповідно.

12.09. 2010 р. спостерігався східний вітер швидкістю 15-17 м·с<sup>-1</sup>, а висота хвиль складала 1,2 м. При цьому над Терцією розповсюджена область низького тиску, а над сходом України - антициклон. Над Азовським море - - градієнтна зона.



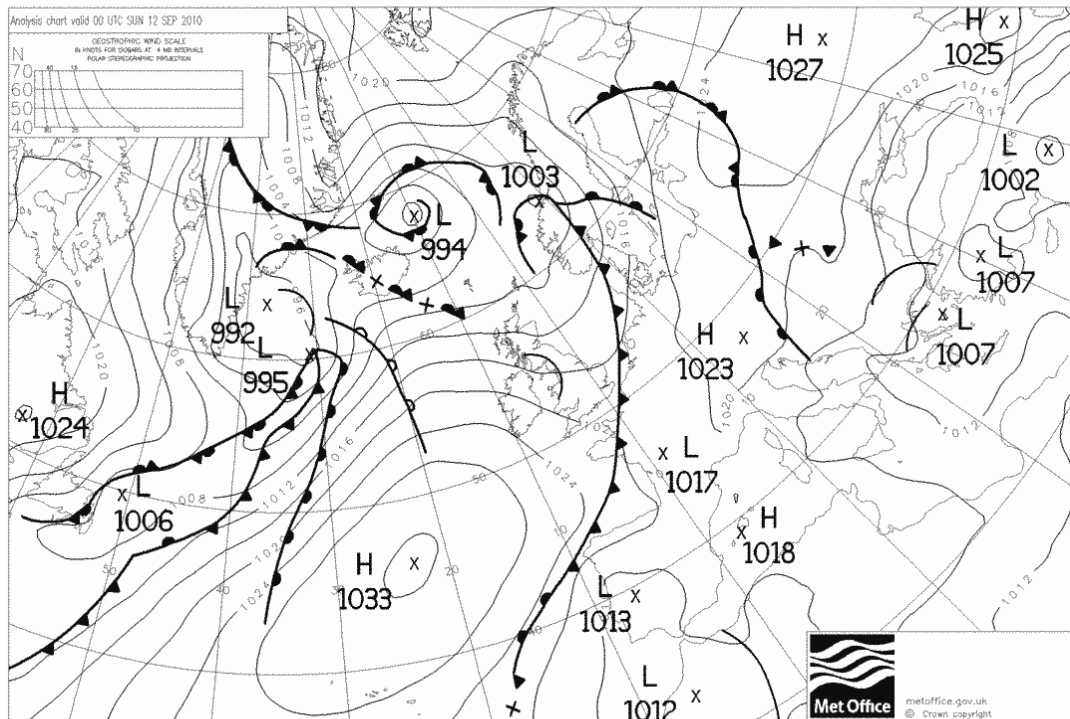


Рис.4.2.6 Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 12.09. 2010 г.

9.10. 2010 р. ( Рис.4.2.7) висота хвиль на станції Маріуполь склала 1.2 м., що було обумовлено східним вітром швидкістю  $19-24 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Така ситуація викликана циклоном над Чорним морем з центром над Керченською протокою, тому над Азовським морем переважають помірні та сильні вітри східної чверті.

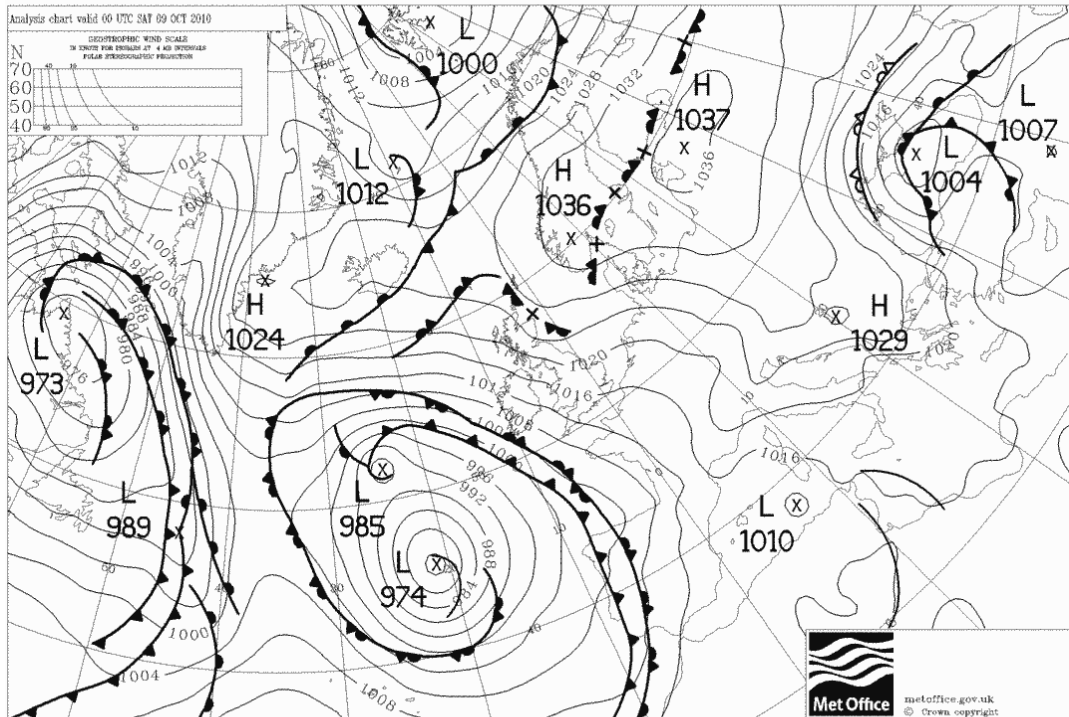


Рис. 4.2.7. Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 9.10.2010 г.

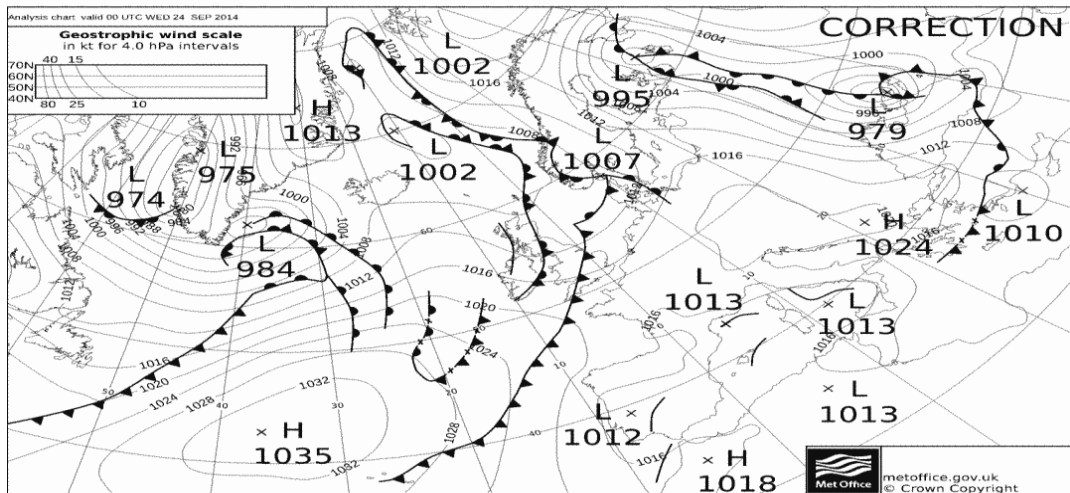


Рис 4.2.8 . Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 24.09.14 р..

На рис. 4.2.8 показано поле приземного атмосферного тиску за 00 годин 24.09.14 р., коли висота хвиль досягала значення 1.3 м. Як видно з

рисунку обумовлено це циклоном над Азовським морем, а в Маріуполі швидкість східного, південно-східного вітру досягала  $20\text{-}25\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$

На рис.4.2.9 і 4.2.10 показано карти розподілу атмосферного тиску 25.10.2016 р. і

22. 11.2016 р.. відповідно. В обох випадках висота хвиль досягала на станції Маріуполь значень 1.4 м. В обох випадках Азовське море знаходиться під впливом південної частини великої зони високого атмосферного тиску зі значенням в центрі 1054 мб, при цьому над південними частинами Чорного моря або над Терцією розповсюджується зона низького атмосферного тиску. В зоні взаємодії, яка розташована над Азовським морем, спостерігаються східні, південно-східні вітри швидкістю  $14\text{-}22\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

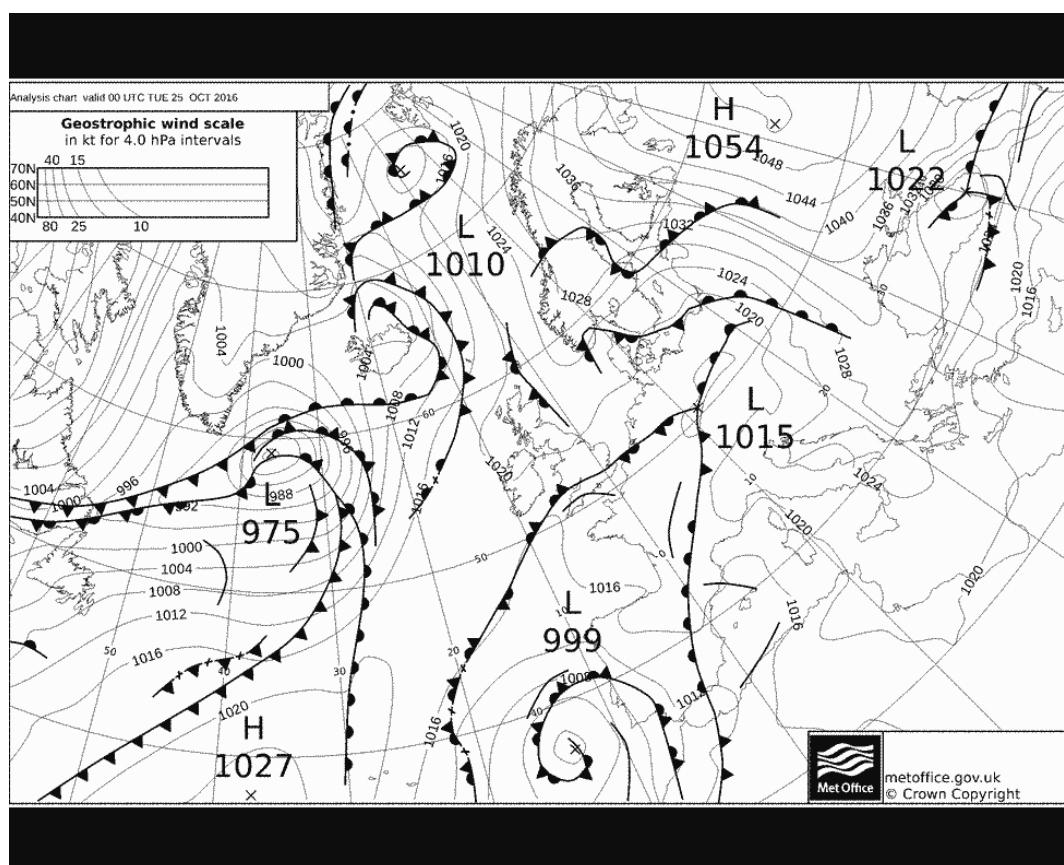


Рис. 4.2.9. Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча . 25.10. 2016 р..

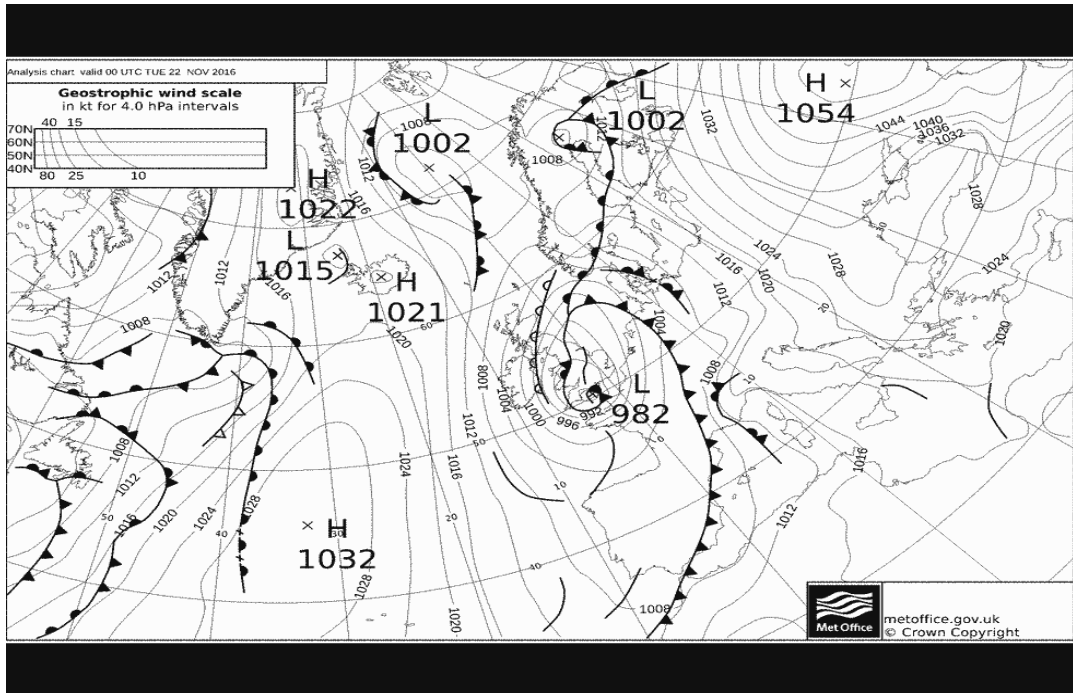


Рис.4.2.10 Поле приземного атмосферного тиску за 00 годин Гринвіча 22. 11.2016 р..

Таким чином, в осінні місяці, максимальні хвилі в районі порту Маріуполь формуються під впливом циклону над Чорним і Азовським морями, або зони взаємодії між зонами високого тиску над Європейською частиною Росії та областю низького тиску над Терцією.

### 4.3 Тенденції між річних змін максимальних хвиль на станції Маріуполь

Для визначення тенденцій між річних змін максимальних хвиль на станції Маріуполь нами було побудовано для кожного місяця року окремо ( з квітня по листопад ) графіки їх часової мінливості за період з 1985 по 2016 роки. Так як з грудня по березень на станції Маріуполь в деякі роки спостерігається лід, дані про максимальні висоти хвиль в ці роки відсутні. На рис. 4.3.1 - 4.3.8. наведено часова мінливість максимальних висот хвиль в квітні, травні, червні, липні, вересні, жовтні і листопаді відповідно.

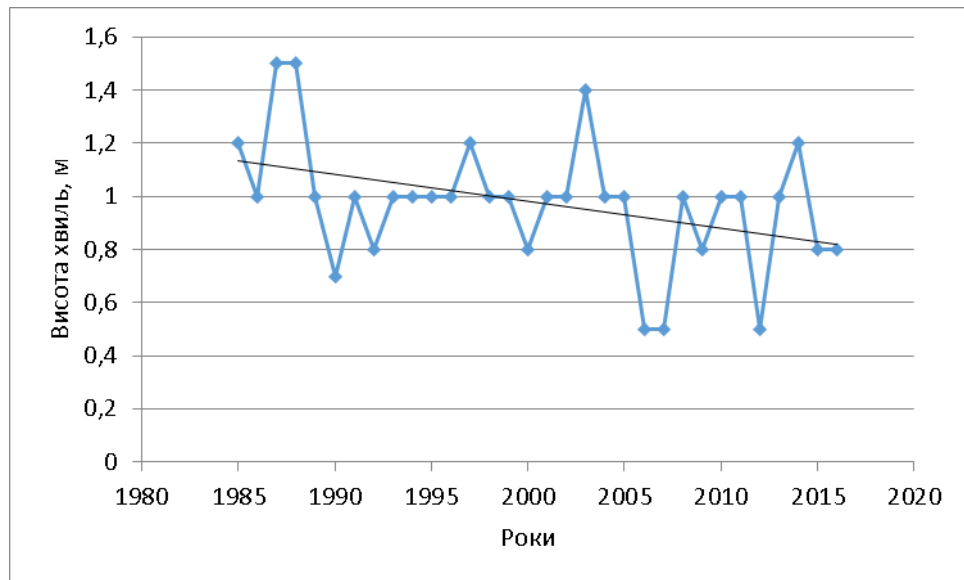


Рис 4.3.1 Максимальна висота хвиль в квітні за 1985-2016

Максимальна висота хвиль в квітні за 1985-2016 спостерігалася в 1987р. і 1988 р. – 1,5м

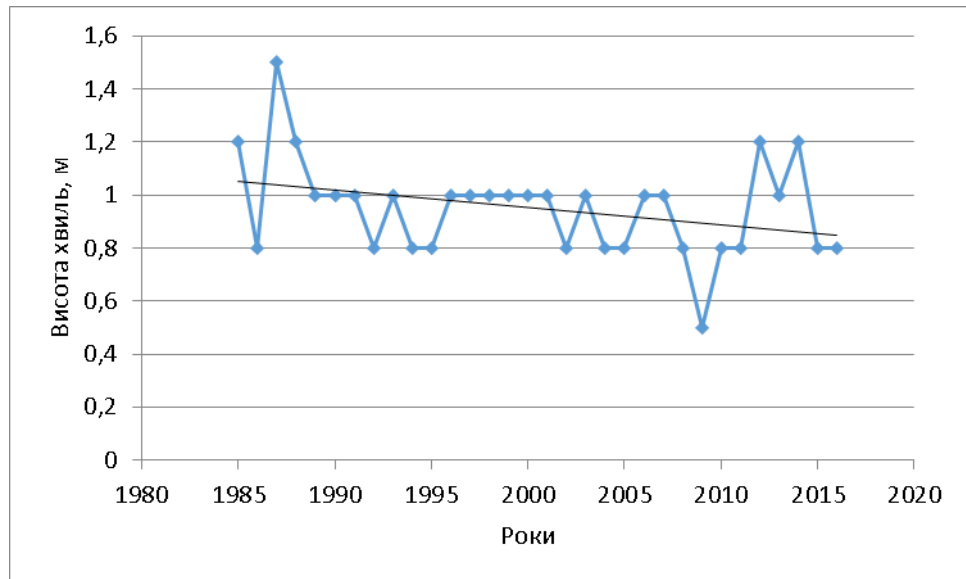


Рис 4.3.2 Максимальна висота хвиль в травні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в травні спостерігалася в 1987 р. – 1,5м

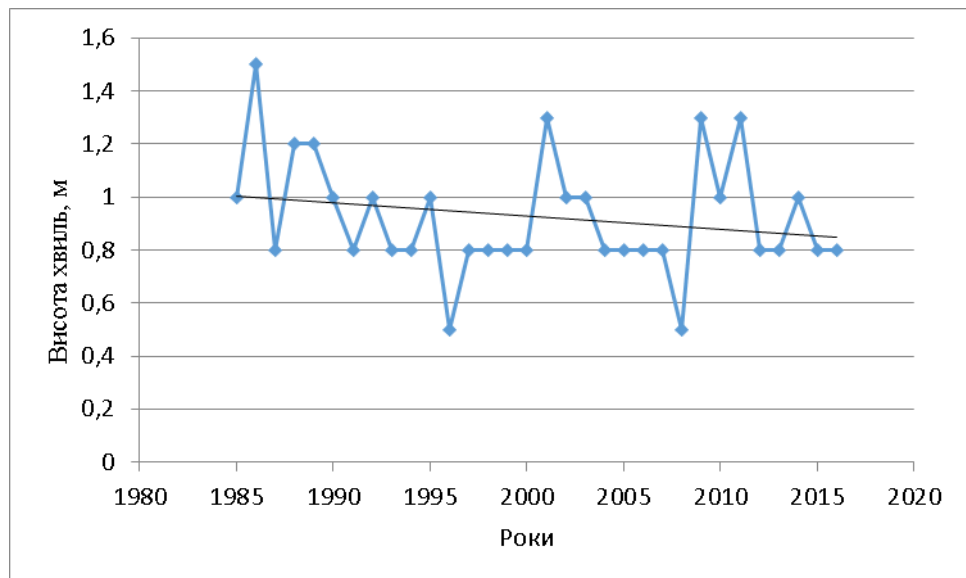


Рис 4.3.3 Максимальна висота хвиль в червні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в червні за 1985-2016 спостерігалася в 1987 р. – 1,5м

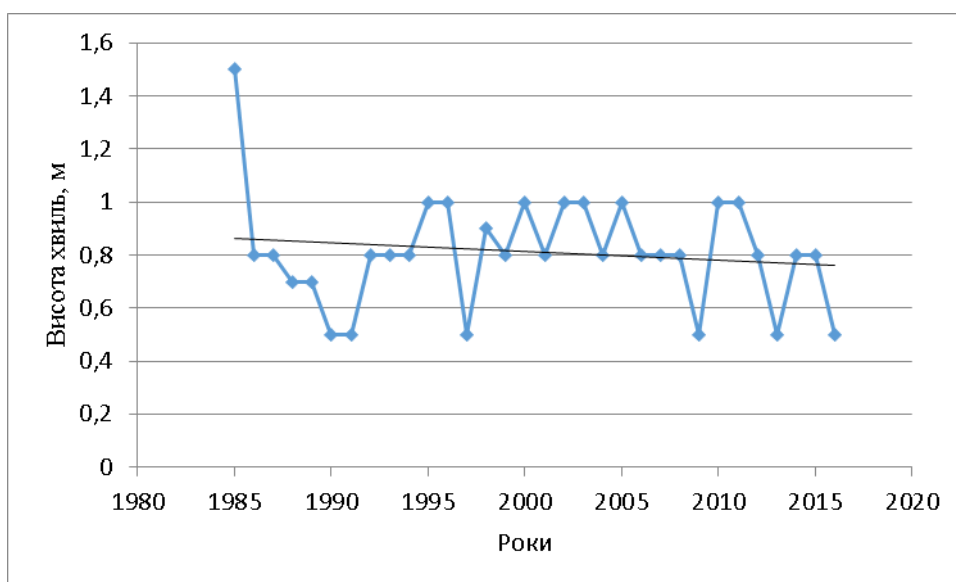


Рис 4.3.4 Максимальна висота хвиль в липні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в липні спостерігалася в 1985р. – 1,5м

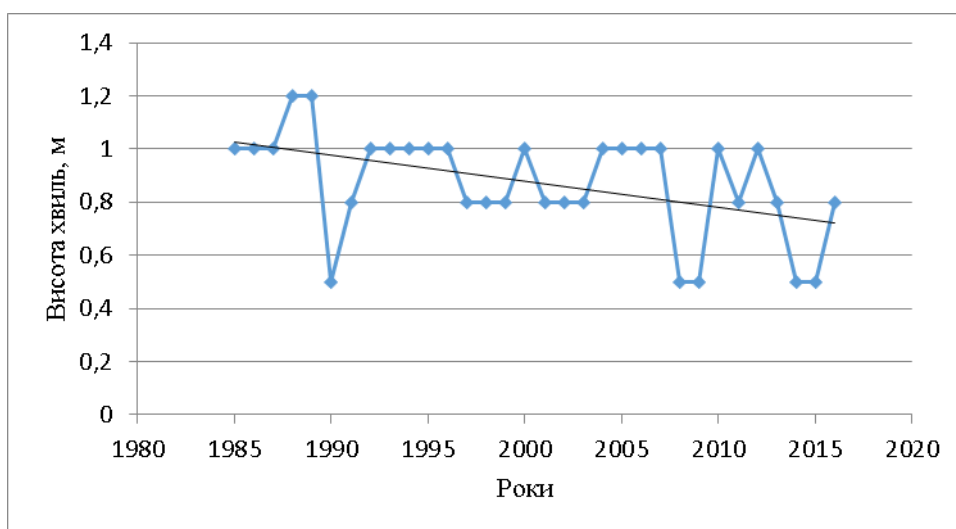


Рис 4.3.5 Максимальна висота хвиль в серпні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в серпні спостерігалася в 1988 – 1989 рр. – 1,2м

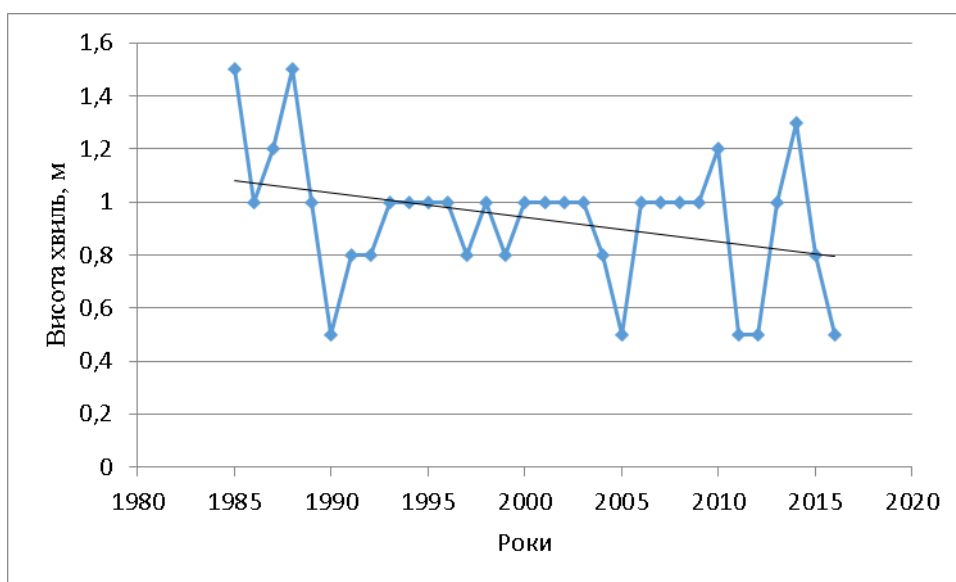


Рис 4.3.6 Максимальна висота хвиль в вересні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в вересні спостерігалася в 1985р. і 1988 р.  
– 1,5м

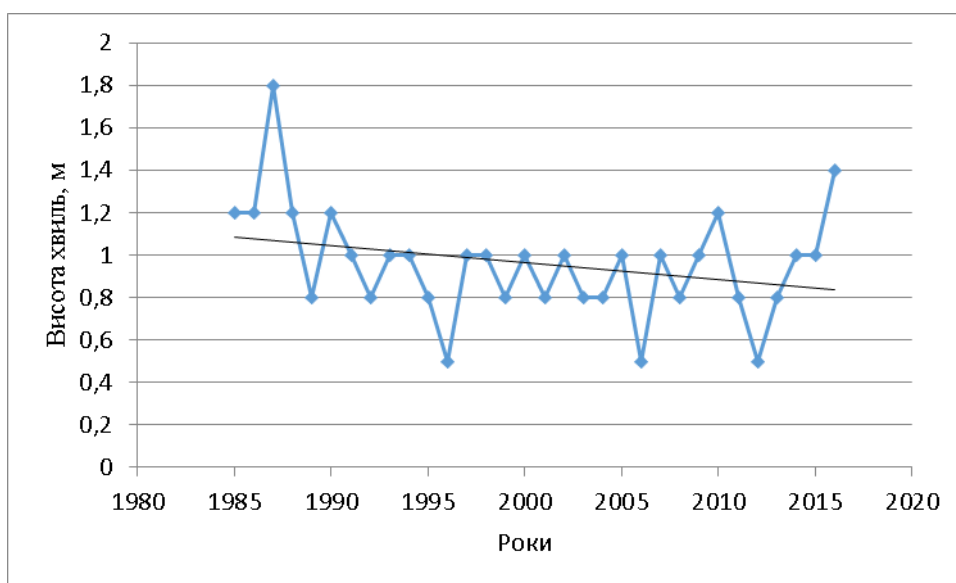


Рис 4.3.7 Максимальна висота хвиль в жовтні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в жовтні спостерігалася в 1987р. – 1,8м



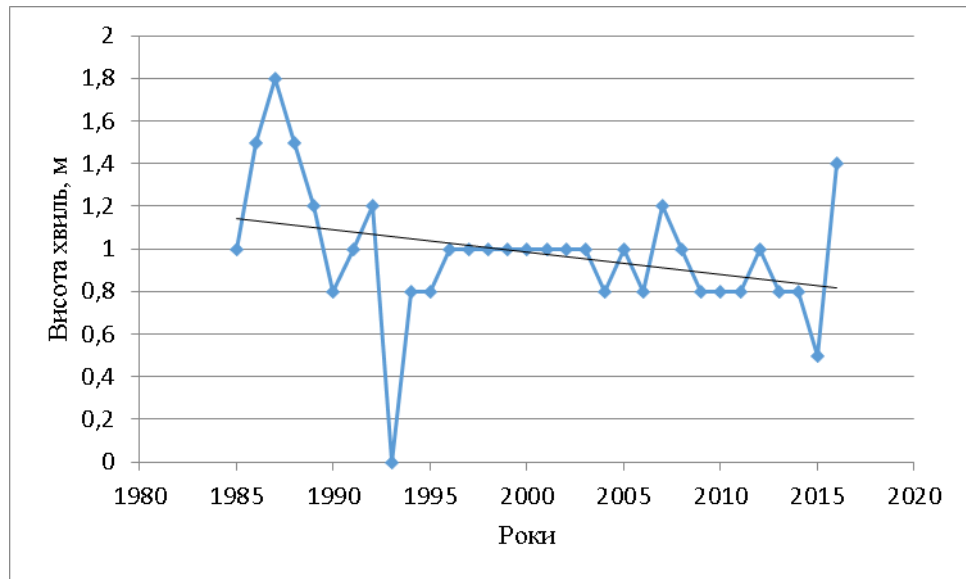


Рис 4.3.8 Максимальна висота хвиль в жовтні за 1985-2016 рр.

Максимальна висота хвиль в жовтні спостерігалася в 1987 р. – 1,8м

В літературному джерелі [11] для станції Маріуполь представлено значення максимальних висот хвиль за період 1954-2002 рр. Для визначення того, які зміни відбулися в між річної мінливості максимальних висот хвиль нами було виконано порівняння максимальних висот хвиль за період 1985-2016 рр. з максимальними значеннями висот хвиль за період 1954-2002 рр. Хоча періоди спостережень по своїй тривалості не є однаковими, порівняння дозволяє зробити деякі висновки. Результати наведено в таблиці 4.3.1

Таблиця 4.3.1 Максимальні висоти хвиль і їх напрями на станції Маріуполь за період 1954-2002 рр. з [11] і за власними дослідженнями за період 1985-2016 рр.

Період 1954-2002 рр.

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
$H_{\max}$	1,5	2,0	1,5	1,6	1,6	1,9	1,5	1,3	1,5	1,8	1,8	1,3	2,0
Румб	Сх	Сх	Сх	Сх	Сх	Сх	Сх, ПнСх Пд, ПдСх	Сх	ПнСх, ПдСх Пд	Сх	Сх	Сх	Сх

Період 1985-2016 рр.

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
$H_{\max}$	1,2	1,2	1,3	1,5	1,5	1,3	1,5	1,2	1,5	1,8	1,8	1,0	1,8
Румб	Пд	Сх, ПнСх	ПдЗ	Пд, Сх	Пд, ПдСх	ПдСх Сх Пд	ПдСх	Сх	ПдСх	Сх	Сх	Сх	Сх

Як видно з таблиці, за останні роки практично у всі місяці на станції Маріуполь відбулось зменшення максимальних висот хвиль. Згідно з [11], максимальні хвилі на берегових пунктах Азовського моря спостерігались, як правило, в 50-60 роки минулого століття. Зменшення штормового хвилювання на узбережжі пов'язано зі зниженням вітрової активності в басейні Азовського моря, і перш за все сильного вітру східної і західної чверті. Можна також відмітити, що в весняні і осінні місяці за досліджуваний період максимальні хвилі викликаються сильними вітрами південних румбів, що пов'язано з виходом циклонів з Середземного моря на акваторію Чорного і Азовського морів. Такі циклони викликають одночасно і значні згінно-нагінні коливання рівня моря і призводять до руйнуванню берегової інфраструктури.

## ВИСНОВКИ

1. Порівняння власних досліджень з даними літературних джерел показали, за останні роки ( 1985-2016 рр.) практично у всі місяці року на станції Маріуполь відбулось зменшення максимальних висот хвиль. Згідно з літературними даними, максимальні хвилі на берегових пунктах Азовського моря спостерігались , як правило, в 50-60 роки минулого століття. Зменшення штормового хвилювання на узбережжі пов'язано зі зниженням вітрової активності в басейні Азовського моря, і перш за все сильного вітру східної і західної чверті.
2. В весняні і осінні місяці за досліджуваний період ( 1985-2016 рр.) максимальні хвилі викликаються сильними вітрами південних румбів, що пов'язано з виходом циклонів з Середземного моря на акваторію Чорного і Азовського морів.
3. Аналіз синоптичних процесів, які сприяють розвитку максимальних хвиль в районі порту Маріуполь дозволяють зробити такі висновки:
  - Максимальні хвилі, значення яких перевищують 1 м, спостерігаються в районі порту Маріуполь в різні сезони року - як в весняний , осінній так й в літній період.
  - В весняні місяці року максимальні хвилі ( 1.3 м- 1.5 м) в районі порту Маріуполь виникають під впливом зони взаємодії між циклонами над Терцією або Чорним морем і потужним антициклоном над Балтійським морем або європейською частиною Росії. При цьому вітер має напрям від південного заходу до південного сходу, а його швидкість складає  $16-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .
  - В літні місяці року максимальні хвилі ( 1.3м- 1.5 м) в районі порту Маріуполь виникають під впливом циклону, які розповсюджені над північно-західною частиною Чорного моря, а район Азовського моря знаходиться в передній частині циклону, при цьому вітер має напрями з півдня до сходу, а його швидкість складає  $16-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

- В осінні місяці, максимальні хвилі в районі порту Маріуполь (1.5 м-1.8 м) формуються під впливом циклону над Чорним і Азовським морями, або зони взаємодії між зонами високого тиску над Європейською частиною Росії та областю низького тиску над Терцією. Переважний напрямок вітру - східний, а швидкість становить 20-25 м·с<sup>-1</sup>.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Геология Азовского моря. К.: Наукова думка, 1974. 246 с.
2. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том 3. Азовское море. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 220 с.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море. СПб Гидрометеиздат, 1991. 236 с.
4. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю.П. Береговая зона Азовского моря. Ростов-на-Дону, 1980. 176 с.
5. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 270 с.
6. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. М.: Гидрометеиздат, Моск. отд-ние, 1989. 326 с.
7. Семенова Е.А. Водообмен Сиваша с Азовским морем // Сб. работ ГМО ЧАМ. 1964. Вып. 2.
8. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. Гидрометеорологические условия морей Украины. том 1 Азовское море. - Севастополь. 2009. 400 с.
9. [Meteoweb.ru/maps.php](http://meteoweb.ru/maps.php)
10. [www.wetterzentrale.de/reanalysis.php](http://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php)
11. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. 402 с.
12. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том. У. Азовское море. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 236 с.
13. Ахим Бююль, Петер Цефель SPSS: искусство обработки информации. Platinum Edition. Москва, Санкт-Петербург, Киев. 602 с.