

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра океанології та  
морського природокористування

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: Небезпечні морські гідрологічні явища в Чорному морі

Виконав студент 2 курсу групи МО-2  
спеціальність 103 «Науки про Землю»

Ілікчієв Олег Геннадійович

Керівник: к.геогр.н., доцент  
Гаврилюк Раїса Володимирівна

Консультант: \_\_\_\_\_

Рецензент: к.геогр.н., доцент  
Лужбін Анатолій Михайлович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра Океанології та морського природокористування  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 103 «Науки про Землю»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Океанологія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
“ 29 ” 10 2018 року

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

Глікчієву Олегу Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Небезпечні морські гідрологічні явища в Чорному морі

Керівник роботи: Гаврилук Раїса Володимирівна, к.геогр.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом вищого навчального закладу від “05”.10.2018р. № 271-С

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи: Характеристики тягуна і дані спостережень за напрямками і швидкістю вітру і хвилюванням в порту Чорноморськ.

Дані спостережень за екстремальними значеннями вітрових хвиль, напрямками і швидкістю вітру на станціях Одеса, Чорноморськ і Южний за багаторічний період. Дані спостережень за строковими значеннями рівня моря на станціях Одеса, Чорноморськ, Южний і Цареградське гирло за багаторічний період.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Кількісні оцінки параметрів тягуна в порту Чорноморськ.

Кількісні оцінки сезонної і між річної мінливості екстремальних вітрових хвиль на станціях Одеса, Чорноморськ, Южний.

Кількісні оцінки небезпечних згінно-нагінних коливань рівня моря на станціях Одеса, Чорноморськ, Южний, Цареградське гирло.

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

Графіки мінливості параметрів тягуна, екстремальних хвиль і небезпечних значень рівня моря на станціях північно-західній частини Чорного моря

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 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	29.10.18.		
2	Отримання вихідних даних та підбір літератури за темою роботи	30.10.- 5.11.18.	100	відмінно
3	Розрахунки кількісних характеристик тягуна, їх аналіз і підготовка розділу роботи.	6-15.11.18	90	відмінно
4	Розрахунки кількісних оцінок мінливості екстремельних вітрових хвиль, їх аналіз і підготовка розділу роботи.	6-18.11.18.	90	відмінно
5	Розрахунки кількісних оцінок небезпечних згінно-нагінних коливань рівня моря, їх аналіз і підготовка розділу роботи.	8-20.11.18	90	відмінно
6	Підготовка тексту магістерської роботи	19-22.11.18	95	відмінно
7	Рубіжна атестація	23.11.18	95	відмінно
8	Попередній захіст роботи	2.12.18	90	відмінно
9	Здача роботи на кафедрі	10.12.18		
10	Перевірка на плагіат	14.12.18		
11	Рецензування	20.12.18		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		93	відмінно

Студент \_\_\_\_\_ Ілікчієв О.Г

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Гаврилюк Р.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Тема:** «Небезпечні морські гідрологічні явища в Чорному морі»

**Автор:** Ілікчєв О.Г.

### **Актуальність обраної теми**

Небезпечні морські гідрологічні явища - морське хвилювання, згінно-нагінні коливання рівня і тягун в акваторіях портів представляють загрозу плавання суден в узбережній зоні моря, їх зіткнення і посадки на мілину, ушкодження корпусу та причалів, а також припинення вантажних робіт в портах. Все це обумовлює великі матеріальні збитки. Тому знання характеристик небезпечних морських гідрологічних явищ і вміння їх прогнозувати обумовлює актуальність обраної теми.

### **Мета роботи**

Метою роботи є аналіз таких морських гідрологічних явищ, як екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї портів Чорноморськ, Одеса і Южний, явище тягун в акваторії порту Чорноморськ і небезпечні коливання рівня моря в портах Одеса, Чорноморськ, Южний і Цареградське гирло за матеріалами спостережень в сучасний період.

### **Об'єкт дослідження**

Небезпечні морські гідрологічні явища в Чорному морі.

### **Предмет дослідження**

Характеристики явища тягуна в акваторії порту Чорноморськ, екстремальних вітрових хвиль і небезпечних коливань рівня моря на узмор'ї портів Одеса, Чорноморськ, Южний і Цареградське гирло.

### **Методи дослідження**

При виконанні роботи використовуються традиційні методи досліджень – порівняльний та ретроспективний методи та методи статистичної обробки інформації.

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

В магістерській роботі отримано оцінки мінливості характеристик тягуна в акваторії порту Чорноморськ і їх взаємозв'язки з напрямками і швидкістю вітру над морем.

Отримано оцінки екстремальних вітрових хвиль на узмор'ї портів Одеса, Чорноморськ і Южний, і їх сезонної і між річної мінливості.

Отримано оцінки небезпечних згінно-нагінних коливань рівня в північно-західній частині Чорного моря і їх між річної мінливості.

Новизна магістерської роботи полягає в тому, що кількісні оцінки отримано за матеріалами спостережень за останні 20-30 років, тому вони суттєво уточнюють і доповнюють аналогічні оцінки з літературних джерел.

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

Магістерська робота докладалась на наукових конференціях ОДЕКУ. Результати аналізу екстремальних вітрових хвиль і небезпечних згінно-нагінних коливань рівня моря можна використовувати в оперативній практиці ГМЦ ЧАМ.

**Структура, обсяг роботи**

Робота складається з 75 сторінок, вступу, п'яти розділів, висновків, 59 рисунків, 12 таблиць, 19 літературних джерел.

**Ключові слова**

Чорне море, небезпечні морські гідрологічні явища, тягун, екстремальні вітрові хвилі, згінно-нагінні коливання рівня, мінливість.

## SUMMARY

**Theme:** "Dangerous marine hydrological phenomena in the Black Sea"

**Author:** Ilikchiev O.G.

### **Relevance of the chosen topic**

Hazardous marine hydrological phenomena - marine excitement, fluctuations in levels and drafts in the water areas of the ports represent a threat of navigation of vessels in the coastal zone of the sea, their collision and landing on shoals, damage to the hull and berths, as well as the cessation of cargo operations in ports. All this causes great material damage. Therefore knowledge of the characteristics of dangerous marine hydrological phenomena and their ability to predict causes the relevance of the chosen theme.

### **The goal of the work**

The aim of the work is to analyze such marine hydrological phenomena as extreme wind waves in the ports of Chornomorsk, Odesa and Yuzhny in the ports of Chisinau, the phenomenon of draft in the water area of the port of Chornomorsk and dangerous fluctuations of the sea level in the ports of Odesa, Chornomorsk, Yuzhny and Tsaregradskaya mouths according to the observations of the modern period.

### **Object of study**

Hazardous marine hydrological phenomena in the Black Sea.

### **Subject of study**

Characteristics of the phenomenon of drag in the water area of the port of Chornomorsk, extreme wind waves and dangerous fluctuations of sea levels in the ports of Odessa, Chornomorsk, Yuzhny and Tsaregradskaya mouths.

### **Methods of research**

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

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

In the master's work the estimations of the variability of the characteristic of the gauge in the water area of the port of Chornomorsk and their interrelation with directions and speed of wind above the sea are received.

Estimates of extreme wind waves in the ports of Odessa, Chornomorsk and Yuzhny, and their seasonal and interannual variability are estimated.

Estimates of dangerous fluctuations in the flood-bending fluctuations in the north-western part of the Black Sea and their interannual variability are obtained.

The novelty of the master's thesis is that quantitative estimates are obtained from the observations of materials over the past 20-30 years, so they substantially refine and supplement similar estimates from literary sources.

### **Recommendations for using the results of work in the field of application**

The master's thesis was presented at scientific conferences of ODECU. The results of the analysis of extreme wind waves and dangerous transpirational fluctuations in the sea level can be used in the operational practice of the GMC BAC.

### **Structure, scope of work**

The work consists of 70 pages, an introduction, five sections, conclusions, 59 drawings, 12 tables, 19 literary sources.

**Keywords**

Black sea, dangerous marine hydrological phenomena, drag, extreme wind waves, fluctuations and level fluctuations, volatility.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З НЕБЕЗПЕЧНИХ МОРЬСКИХ ГІДРОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ.....	11
2 МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ І МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ.....	20
3 НЕБЕЗПЕЧНЕ ЯВИЩЕ ТЯГУН В АКВАТОРІЇ ПОРТУ ЧОРНОМОРСЬК.....	21
4 ЕКСТРИМАЛЬНІ ВІТРОВІ ХВИЛІ НА УЗМОР'І ПОРТІВ ЧОРНОМОРСЬК, ОДЕСА, ЮЖНИЙ.....	36
4.1 Екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї порту Одеса.....	36
4.2 Екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї порту Чорноморськ.....	41
4.3 Екстремальні вітрові хвилі у бухті порту Чорноморськ.....	47
4.4 Екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї порту Южний.....	52
4.5 Екстремальні вітрові хвилі у бухті порту Южний.....	58
5 НЕБЕЗПЕЧНІ ЗГІННО-НАГІННІ КОЛИВАННЯ РІВНЯ МОРЯ В ПІВНІЧНО- ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ.....	65
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77



## ВСТУП

Небезпечні морські гідрологічні явища - морське хвилювання, згінно-нагінні коливання рівня і тягун в акваторіях портів представляють загрозу плавання суден в узбережній зоні моря, їх зіткнення і посадки на мілину, ушкодження корпусу та причалів, а також припинення вантажних робіт в портах. Все це обумовлює великі матеріальні збитки. Тому знання характеристик небезпечних морських гідрологічних явищ і вміння їх прогнозувати обумовлює актуальність обраної теми.

Велика різноманітність природних та антропогенних катастроф, складний характер їх взаємозв'язку з процесами, що їх породжують і багатофакторний вплив на сферу господарської діяльності призвели до відносної нерозвиненості галузі знань, що стосується критеріїв катастрофічності явищ. Більше того, принципи оцінки наслідків не розроблені за багатьма типами явищ. В даний час катастрофічність природних явищ оцінюється за обсягом економічного збитку, кількістю постраждалих і кількістю загиблих людей. В Україні для визначення рівня надзвичайної ситуації запропоновано використовувати три групи факторів: площа території, що зазнала дії природної катастрофи; масштаб матеріальних і людських втрат; класифікаційні ознаки, що враховують інтенсивність природної катастрофи.

В Чорному та Азовському морях та їх портах до переліку особливо небезпечних явищ відносяться такі:

1. Швидкість вітру більш  $15 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$ .
2. Висота хвиль в Чорному морі - 6м та вище, в Азовському морі – 3м та вище.

В портах Одеса, Южний і Чорноморськ – висота хвиль 3,5 м та вище.

3. Тягун в бухтах та портах інтенсивністю 3 бали та вище.
4. Ранній початок стійкого льодоутворення:
  - у Таганрозькій затоці – раніше 10 листопада,
  - у північній частині Азовського моря – раніше 20 листопада,
  - у південній частині Азовського моря – раніше 10 грудня,
  - у північно-західній частині Чорного моря - раніше 10 грудня, у його лиманах – раніше 1 грудня.
5. Натиск льоду, який спричиняє руйнування портових та інших гідротехнічних споруд.
6. Значний дрейф важких льодових полів густиною 7-10 балів у північно-західній частині Чорного моря, в Азовському морі та Керченській протоці.

7. Утворення прибережного припаю – для Чорного моря товщиною 65 см та більше, для Азовського моря – товщиною 80 см та більше.
8. Обмерзання суден, яке загрожує безпеці їх плавання.
9. Утворення туману випару в затоках, бухтах тривалістю більш однієї доби, видимістю менш 100метрів.
10. Різкі зміни температури та солоності води, зменшення кисню, збільшення сірководню, що спричиняє заморні явища.
11. Зниження чи підвищення рівня моря вище або нижче критичних позначок, які погіршують діяльність флоту і спричиняють затоплення берегових споруд та територій портів. Критичні позначки рівня моря для різних прибережних пунктів та портів різні.

В цій магістерській роботі було виконано аналіз таких небезпечних явищ, як екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї портів Чорноморськ, Одеса і Южний, явище тягун в акваторії порту Чорноморськ і небезпечні коливання рівня моря в портах Одеса, Чорноморськ, Южний і Цареградське гирло за матеріалами спостережень в сучасний період.

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З НЕБЕЗПЕЧНИХ МОРЬСКИХ ГІДРОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ

В науковій літературі [1,2,3] представлено результати аналізу природних катастроф в Азово-Чорноморському басейні. Розглянемо деякі результати, які стосуються небезпечних морських гідрологічних явищ.

Під природними катастрофами, що призводять до виникнення надзвичайних ситуацій, розуміють небезпечні для людей, об'єктів господарської діяльності та екології великомасштабні геолого-геофізичні, метеорологічні та гідрологічні явища і процеси, деградація ґрунтів і земних надр, природні пожежі, зміна стану повітряного середовища, епідеміологічні захворювання людей і тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками, зміна стану водних ресурсів та інші. Всесвітня конференція з природних катастроф в Йогогамі прийняла декларацію, де зазначено, що боротьба за зменшення збитків від природних катастроф повинна бути важливим елементом державної стратегії всіх країн для досягнення стійкого розвитку. Конференція закликала всі країни перейти на нову стратегію боротьби з природними катастрофами, суть якої полягає в наступному. У минулому зусилля багатьох країн щодо зменшення небезпеки стихійних лих були спрямовані на ліквідацію наслідків природних катастроф, надання допомоги постраждалим, організацію рятувальних робіт, надання матеріальних, технічних і медичних послуг, постачання продуктів харчування і т. п. Зростання, з часом, числа природних катастроф і пов'язаних з ними втрат робить ці зусилля все менш ефективними і висуває як пріоритет в ХХІ столітті нове завдання: прогнозування та попередження природних катастроф. В основу нової концепції необхідно взяти "глобальну культуру попередження", засновану на науковому прогнозуванні катастроф. "Краще попередити стихійне лихо, ніж усувати його наслідки", так записано в підсумковому мудокументі Йогогамської конференції. Міжнародний досвід показує, що витрати на прогнозування і забезпечення готовності до природних катастроф значно менші (до 15 разів) за витрати на запобігання або ослаблення шкоди. При прогнозуванні необхідно виходити з існування двох основних шляхів розвитку небезпечних природних явищ: історичного (еволюційного) та антропогенного. В основі першої передумови лежать еволюційні процеси розвитку Землі, які призводять до безперервної реорганізації матерії в твердій, рідкій і газоподібній оболонках Землі з виділенням і поглинанням енергії, зміни напружено-деформованого стану

земної кори і взаємодії фізичних полів різної природи. Поряд з цим, в останнє десятиліття істотно зросли антропогенні навантаження на навколишнє середовище, що неминуче призводить до активізації небезпечних природних процесів, зокрема, вироблення надр і створення штучних водойм можуть служити спусковим механізмом для таких руйнівних явищ, як землетруси. Тому необхідна розробка методів прогнозування небезпечних природних явищ, що базується на врахуванні впливу на них антропогенних факторів [2].

Природні катастрофічні явища, з урахуванням їх відносної короткочасності, можна поділити за походженням на наступні категорії:

- геофізичні катастрофи;
- геологічні катастрофи;
- метеорологічні катастрофи;
- гідрологічні катастрофи;
- природні пожежі;
- біологічні катастрофи;
- катастрофи космічної природи.

Природні катастрофічні явища в цілому підпорядковуються деяким загальним закономірностям:

- для кожної категорії природних катастроф характерна певна просторова приуроченість, обумовлена специфічними об'єктивними причинами, які обумовлюють їх виникнення в тих чи інших районах Землі. Так, землетруси і виверження вулканів, зсуви, обвали, лавини, сили пов'язані з районами активної динаміки літосферних плит. Зони підводних землетрусів і сильних цунамі часто приурочені до зон субдукції (район, де океанічна плита занурюється в мантию). Пологі ділянки морського узбережжя, гирла річок, затоки і бухти є найбільш небезпечними, з точки зору, впливу хвиль цунамі і інтенсивних вітрових згінно-нагінних коливань рівня моря;
- чим більше інтенсивність небезпечного природного явища, тим рідше воно відбувається з тією ж інтенсивністю. Для вимірювання інтенсивності багатьох природних явищ використовується величина, звана магнітудою;
- природні катастрофічні явища можуть ініціювати один одного, підсилюючи руйнівну силу події. Так, наприклад, землетруси можуть супроводжуватися зсувами, селевими потоками, цунамі та обвалами скель;
- виникненню природної катастрофи передують, як правило, деякі специфічні процеси і явища в неживій і живій природі, які можна розглядати як провісники небезпечної події. До геофізичних природних катастроф відносяться землетруси на суші і під дном Світового океану, виверження

вулканів, зсуви на суші і вздовж підводного схилу басейнів, ініційовані землетрусами, обвали скель у водні басейни, та деякі інші.

Метеорологічні природні катастрофи пов'язані з процесами в повітряній оболонці Землі. Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру можуть бути викликані такими природними явищами в атмосфері, якщо їх інтенсивність перевищує певні порогові значення, визначені на основі подій, що відбулися. До числа таких явищ входять: тайфуни, сильні вітри, в тому числі шквали та смерчі, рясні дощі, град, сильні снігопади або сильні хуртовини, тумани, пилові бурі, сильні морози або сильна спека.

До категорії гідрологічних природних катастроф відносяться: повені або аномальні пониження рівня води, штормове хвилювання, цунамі, селеві потоки, снігові лавини, раннє льодоутворення і поява льоду на трасах судів або інтенсивний дрейф льодових полів, тягуни у портах, аномальні гідрологічні режими в прибережній зоні і протоках, вхід солоних вод в гирла річок і деякі інші.

В роботі [1], показано, що для опису впливу природного катастрофічного явища на населення, господарські об'єкти та екологію регіону доцільно використовувати триланкову модель. Генетичний підхід до опису катастроф передбачає, в якості першої ланки, розглядати природний процес, який породжує катастрофу, в якості другої ланки – механізм впливу цього процесу на об'єкти і середовище, в якості третьої ланки – викликане явищем стихійне лихо. Аналіз тільки останньої ланки (виробленого збитку) явно недостатній. Необхідно також вивчення причин і умов виникнення катастроф. Для кількісної оцінки інтенсивності природних катастроф і їх наслідків необхідно розташовувати відповідними шкалами вимірювання. Для триланкової моделі, явища, фактично, необхідно розташовувати трьома шкалами (градацій) інтенсивності події. За аналогією з землетрусами, для кількісної оцінки сили явища, що породжує стихійне лихо, доцільно використовувати термін магнітуда, для характеристики впливу на середовище – бальність. Шкала категорій природної катастрофи спирається на обсяг завданої шкоди, тобто на людські та економічні втрати. В даний час, існує велика кількість шкал для оцінки магнітуд і бальності природних явищ. Деякі з них дуже суб'єктивні і спираються, багато в чому, на описову інформацію про вплив явища на навколишнє середовище.

Велика різноманітність природних та антропогенних катастроф, складний характер їх взаємозв'язку з процесами, що їх породжують і багатофакторний вплив на сферу господарської діяльності призвели до відносної нерозвиненості галузі знань, що стосується критеріїв

катастрофічності явищ. Більше того, принципи оцінки наслідків для екології не розроблені за багатьма типами явищ. В даний час катастрофічність природних явищ оцінюється за обсягом економічного збитку, кількістю постраждалих і кількістю загиблих людей. В Україні для визначення рівня надзвичайної ситуації запропоновано використовувати три групи факторів: площа території, що зазнала дії природної катастрофи; масштаб матеріальних і людських втрат; класифікаційні ознаки, що враховують інтенсивність природної катастрофи.

Для Чорного та Азовського морів та їх портів перелік особливо небезпечних явищ представлено в [4] і до них відносяться такі:

1. Швидкість вітру більш  $15 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$ .
2. Висота хвиль в Чорному морі - 6м та вище, в Азовському морі – 3м та вище. В портах Одеса, Южний і Чорноморськ – висота хвиль 3,5 м та вище.
3. Тягун в бухтах та портах інтенсивністю 3 бали та вище.
4. Ранній початок стійкого льодоутворення:
  - у Таганрозькій затоці – раніше 10 листопада,
  - у північній частині Азовського моря – раніше 20 листопада,
  - у південній частині Азовського моря – раніше 10 грудня,
  - у північно-західній частині Чорного моря - раніше 10 грудня, у його лиманах – раніше 1 грудня.
5. Натиск льоду, який спричиняє руйнування портових та інших гідротехнічних споруд.
6. Значний дрейф важких льодових полів густиною 7-10 балів у північно-західній частині Чорного моря, в Азовському морі та Керченській протоці.
7. Утворення прибережного припаю – для Чорного моря товщиною 65 см та більше, для Азовського моря – товщиною 80 см та більше.
8. Обмерзання суден, яке загрожує безпеці їх плавання.
9. Утворення туману випару в затоках, бухтах тривалістю більш однієї доби, видимістю менш 100метрів.
10. Різкі зміни температури та солоності води, зменшення кисню, збільшення сірководню, що спричиняє заморні явища.
11. Зниження чи підвищення рівня моря вище або нижче критичних позначок, які погіршують діяльність флоту і спричиняють затоплення берегових споруд та територій портів. Критичні позначки рівня моря для різних прибережних пунктів та портів різні. В таблиці 1.1 представлені критичні позначки рівня моря для портів Одеса, Чорноморськ, Южний і Цареградське гирло. В зв'язку з кліматичними змінами рівня моря вони періодично уточнюються.

Таблиця 1.1 - Позначки небезпечного підйому та спаду рівня на станціях північно-західній частини Чорного моря з [4]

Станція	Тенденція зміни рівня	Небезпечна позначка, ( см )
Одеса	Підйом	540
	Спад	430
Чорноморськ	Підйом	550
	Спад	427
Южний	Підйом	540
	Спад	421
Цареградське гирло	Підйом	541
	Спад	426

Для визначення статистичних характеристик природних катастроф гідрометеорологічної природи необхідно розташовувати відповідною базою даних про небезпечні явища в морі і атмосфері. В кінці 90-х років Морським відділенням УкрНДГМІ (Севастополь) була зібрана база даних про кількість різноманітних особливо небезпечних гідрометеорологічних явищ в Азово-Чорноморському басейні (включаючи гирла річок) за період з 1990 по 1996 рр. Вона включає 111 гідрометеорологічних подій. Узагальнені дані про кількість особливо небезпечних гідрометеорологічних явищ в Азово-Чорноморському басейні (включаючи гирла річок) за шестирічний період спостережень опубліковано в [1] і наведено на рис 1.1.

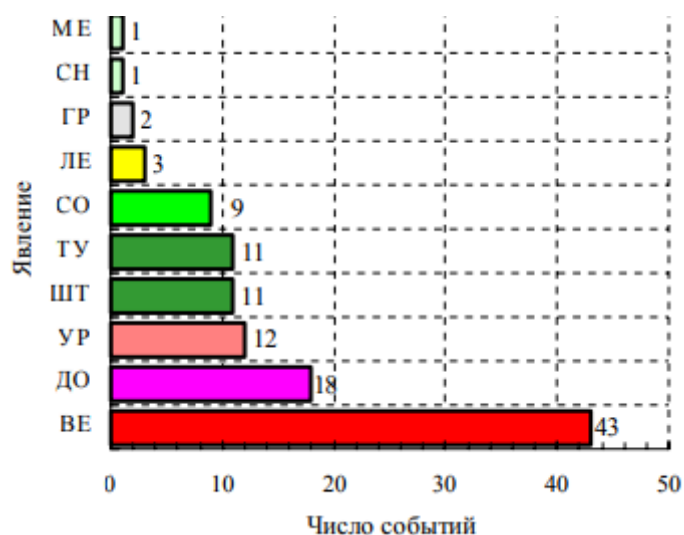


Рисунок 1.1 Кількість особливо небезпечних гідрометеорологічних явищ, в Азово-Чорноморському регіоні за 1990-96 рр.

На рисунку 1.1 використовуються такі скорочення: ВЕ – вітер; ДО – дощ, УР – підйом або опускання рівня моря; ШТ – шторм; ТУ – туман; З – входження солоних вод в гирла річок; ЛЕ – раннє утворення льоду; ГР – град; СН – сніг; МО – завірюха.

Всі райони Азово-Чорноморського регіону піддавалися в різні періоди часу, впливу тих чи інших небезпечних природних явищ. Обмежимося лише короткою характеристикою географічного поширення деяких типів таких явищ. Аномальні коливання рівня Чорного і Азовського морів. Поданим термінових спостережень найбільш високі і низькі положення рівня спостерігаються в районі північно-західного шельфу Чорного моря. Тут розмах коливань рівня моря досягає 2,75 м. Особливо великий він у районі Одеси, що разом з процесом тектонічного осідання суші завдає певні труднощі в господарській діяльності. Зазвичай найнижчі та найвищі положення рівня пов'язані з згінно-нагонними процесами, викликаними штормовими вітрами. В районі Одеси під впливом північно-східних штормових вітрів виникають стійкі течії, спрямовані на захід. Вони створюють нагони в гирлах Дунаю та Дністра. Вітер протилежного напрямку викликає згони. Різниця абсолютних екстремумів рівня становить близько 3 м і зменшується в східному напрямку. Біля берегів Криму вона менше 1 м, у берегів Кавказу зростає до 1,5 – 2 м. Найбільш значні згінно-нагонні коливання рівня спостерігаються в осінньо-зимовий період у західному і північно-західному районах Чорного моря.[5,6] Небезпечні згінно-нагонні коливання рівня Азовського моря - досить часте явище. Вони призводять до порушення судноплавства, руйнування суден та будівель, затоплення прибережних територій. Подія наприкінці жовтня 1969р.



в південно-східній частині моря відноситься до одного з найбільш значних: в районі Темрюка суша була затоплена на 17 км вглиб території, а підйом рівня перевищив 5 м.

Штормові вітри і супутні їм штормові хвилі входять у першу четвірку домінуючих в регіоні небезпечних природних явищ. Північно-східна частина Чорного моря характеризується найбільш інтенсивною штормовий діяльністю. Потужні вітри спостерігаються практично на всіх ділянках узбережжя Чорного моря і у всі сезони року. Тим не менш, виділяються зони підвищеної вітрової активності, де середні багаторічні значення швидкості вітру перевищують  $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  (Мисове, Тамань, Анапа). Однак самі сильні вітри спостерігаються над відкритою частиною моря, а також в районі Новоросійську ("новоросійська бору") і в Керченській протоці.

Азовське море належить до "неспокійних" внутрішніх морів, де в середньому за рік кількість днів зі штормовими вітрами досягає 40 – 60 на заході моря і 80 – 100 на сході.

Шторм 11 листопада 2007 р. став причиною безпрецедентної серії аварій та інших надзвичайних подій в Азовському і Чорному морях: за один день затонули п'ять суден, включаючи три сухогрузи з сіркою і танкер з мазутом; ще чотири судна сіли на мілину [1]. Швидкість вітру в Керченській протоці сягала  $32 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а хвилювання моря – 6-7 балів (хвилі висотою 4 – 9 м). У Бердянську було підтоплено понад 80 будинків. На рисунках 1.2 і 1.3 наведені фотографії штормових хвиль у Севастопольській бухті.



Рис.1.2 Штормові хвилі в Севастопольській бухті



Рис.1.3 Штормові хвилі в Севастопольській бухті

За даними[1] хвилі висотою 5 м і більше спостерігаються в Чорному морі досить рідко і складають всього 10% від загальної кількості штормів. Ще рідше висота хвиль досягає 6 м і більше. За період 1954- 2008 рр. в Азово-Чорноморському басейні спостерігалось лише 8 випадків хвилювання, що досягли цього рівня. Шість з них зафіксовані на Херсонеськом маяку, а два випадки – на гідрометеорологічної станції Ялта. На південно-заході Кримського узбережжя найбільша висота хвиль 7,3 м відзначена 10 листопада 1981 р. і дещо менше 7,0 м – 21 листопада 1960 р.

Входження солоних вод в гирла річок. Явище неодноразово спостерігалось в гирлах річок півдня України, що впадають у Чорне море, а також у річці Кубань, яка впадає в Азовське море. Воно супроводжується порушеннями водопостачання населених пунктів і зрошуваних сільськогосподарських угідь, загибеллю деяких видів річкових організмів, негативними наслідками для екології регіону.

Виключно далеке проникнення солоної води в гирло Південного Бугу спостерігалось 4 вересня 1986 р. Аналіз розподілу солоності у Дніпро-Бузькому лимані показав, що вода з солоністю 8‰, а це в 2,7 рази більше порогового значення 3‰, досягла Миколаєва. Солоність води в поверхневому шарі коливалася в межах 0,65 -6,62‰. Найбільш солена вода розташовувалася в центральній частині лиману. В придонній області халоклин поширився в гирлову ділянку річки на 7,6 км. В цілому, солена вода піднялася в Південному Бугу на 23 км і це викликало припинення водопостачання населених пунктів і зрошення сільськогосподарських угідь.

Другий випадок спостерігався 7 – 9 вересня 1994 р. В цей період проявився вплив на розподіл солоності в Дніпро-Бузької гирлової області зниженого стоку Дніпра. При слабких вітрах(2 - 7 м·с<sup>-1</sup>) змінних напрямків

попуски Каховської ГЕС коливалися від 508 до 561 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>, що нижче середніх багаторічних значень за вересень в 1,4 рази. Солоність в гирлової області в поверхневому шарі змінювалася в межах 0,31 – 1,1‰. В цей же час біля дна солоність різко зростала, досягаючи 8,33‰ на узмор'ї дельти Дніпра. У придонному шарі вода з солоністю більше 1‰ поширилася в гирло Дніпра на 18 км. В цілому в придонному шарі халоклин проник вгору по річці на 27,7 км. В Чорному морі іноді може виникати небезпечне явище - цунамі. Чорноморські цунамі породжуються сейсмічними джерелами в морі і на суші. Це явище за останні два тисячоліття спостерігалось вздовж узбережжя Чорного моря близько двох десятків разів. Для чотирьох землетрусів ХХ століття цунамі з висотою до 1 м зареєстровані мареографами на Кримській і Кавказькій ділянках узбережжя Чорного моря. Деякі цунамі давніх часів по описовій інформації мали висоти до 3 – 5 м і були руйнівними.

Измитській землетрус магнітудою 7,6 у Туреччині 17 серпня 1999 р. і супутнє йому цунамі були найбільш сильними подіями останніх десятиліть у районах, що безпосередньо прилягають до Чорного моря. Воно було самим руйнівним для Турції за останні 100 років. У результаті землетрусу загинуло 17217 людина, 43959 було поранено, близько 500000 чоловік залишилися без даху над головою.

Тягун у портах проявляється в сильних коливаннях рівня моря в бухтах. Він призводить до горизонтальних переміщень суден біля причалів і становить небезпеку для них. Явище може спостерігатися навіть в добре захищених від зовнішніх хвиль портах у періоди високої атмосферної активності.

У Чорному морі це явище спостерігається у 12 портах: Туапсе, Сочі, Поті, Батумі, Самсун, Гіресун, Бургас, Варна, Констанца, Чорноморськ, Ялта, Феодосія і в деяких Севастопольських бухтах. Найбільш часто тягун спостерігається в зимовий період.

Сірководневе зараження Чорного моря також відноситься до небезпечних гідрологічних явищ. Води Чорного моря мають досить рідкісну особливість: нижче горизонту 60-150 м практично по всій акваторії моря розташовується зона сірко водного зараження. Найближче до поверхні моря її верхня межа розташована у центральних районах східної та західної частин моря. Критерій катастрофічності цього явища (критична глибина залягання верхньої межі сірководневої зони, при якій можлива загроза хімічного зараження регіону при виході сірководню в атмосферу) не визначено[3].

## 2 МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ І МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ

В дипломній магістерській роботі розглядалися такі небезпечні морські гідрологічні явища, як тягун в акваторії порту Чорноморськ, екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї портів Чорноморськ, Одеса і Южний, а також небезпечні згінно-нагінні коливання рівня в північно-західній частині Чорного моря.

Як відомо, для визначення явища тягун необхідні дані мареографних спостережень, які відображають коливання рівня в акваторії порту. В магістерської дипломної роботі для виконання досліджень тягуну в акваторії порту Чорноморськ використовувались не дані мареографів, а непрямі характеристики - дані про амплітуди горизонтальних і вертикальних коливань суден біля причалів, які фіксувалися підчас виникнення явища. Розглядалися також характеристики вітру (напрями і швидкості) і хвилювання моря. Період спостережень, за яким виконувались дослідження – 1982-2006 рр.

Аналіз екстремальних вітрових хвиль на узмор'ї портів Одеса, Чорноморськ і Южний виконано за матеріалами спостережень, які містяться в таблицях ТГМ, за період 1987-2016 рр. З таблиць обирались максимальні в кожному місяці значення вітрових хвиль, а також відповідні дані по напрямках і швидкості вітру.

Для оцінки небезпечних згінно-нагінних коливань використовувались дані з таблиць ТГМ про екстремальні (максимальні та мінімальні) строкові значення рівня на станціях Одеса (1947-2012 рр.), Чорноморськ (1986-2013 рр.), Южний (1986-2012 рр.) і Цареградське гирло (1975-2010 рр.). Для станції Одеса аналіз виконувався за два кліматичних періоди – 1947-79рр. і 1980-2012 рр.

Для оцінки небезпечних морських гідрологічних явищ використовувався ретроспективний і порівняльний аналіз особистих досліджень з приведеними в літературних джерелах, а також методи статистичної обробки вихідної інформації.

### **3 НЕБЕЗПЕЧНЕ ЯВИЩЕ ТЯГУН В АКВАТОРІЇ ПОРТУ ЧОРНОМОРСЬК**

Тягун – це небезпечне та поки що маловивчене явище природи, яке спостерігається в багатьох портах Світу, в тому числі у портах Чорного моря - Батумі, Поті, Сухумі, Сочі, Туапсе, Новоросійську, Керчі, Феодосії, Ялті, Севастополі, Чорноморську, Констанці, Бургасі, Варні та інших.

Вважається, що причиною тягуну є вітрове хвилювання моря, яке проникає через ворота на акваторію порту. Хвилі взаємодіють з водною масою порту, створюючи течії протилежних напрямків, в результаті чого судна, які пришвартовані біля причалу чи стоять на якорі, роблять обертально – поступальні рухи, зазнаючи при цьому сильної качки. Виникає загроза зіткнення суден, посадки їх на мілину, ушкодження корпусу та причалів. В таких умовах вантажні роботи у портах припиняються, судна виводяться на зовнішній рейд. Тривалість тягуну може досягати більш ніж 30 годин.

За інтенсивністю тягун буває слабкий ( 1 бал), помірний (2 бали) та сильний ( 3 бали). Помірний та сильний тягни відносяться до небезпечних явищ. Про виникнення тягуну можна судити по спостереженням за коливаннями рівня моря за даними мореографу. При слабкому тягуні умовна висота хвилі на стрічці мореографу складає 11-20 см. При помірному тягуні – 21-30 см, а при сильному – перевищує 30 см. При помірному тягуні відбувається обрив швартових, вантажні роботи припиняються. При сильних тягунах судна виводяться від причалів на зовнішній рейд [4,7].

Тягун проявляється в сильних коливаннях рівня моря в замкнених і напівзамкнених бухтах і призводить до небезпечних горизонтальних переміщень суден біля причалів. Тягун може виникати в навіть добре захищених від хвиль відкритого моря портах в періоди високої атмосферної активності. Тягун викликає удари суден по причалах та інших суднах, що призводить до пошкодження плавзасобів і причалів, обриву швартових, порушення навантажувальних і розвантажувальних робіт.

Чорне море належить до регіонів, що доволі добре досліджено. Разом з тим, мало уваги приділяється дослідженню інфрагравітаційних хвиль (хвилі з періодом від 30 с до кількох хвилин), обумовлених нелінійною взаємодією вітрових хвиль і брижів. У зв'язку з розширенням транспортних потоків через акваторію Чорного моря і економічної активності чорноморських держав особливий інтерес представляє вивчення тягунів в портах як особливо небезпечного гідрометеорологічного явища .

Історія дослідження цього явища значно коротша, ніж, історія вивчення припливів, або нагонів [8,9,10,11]. У країнах Європи і Америки інтерес до нього виник тільки після Другої Світової війни і був зумовлений серйозним ускладненням роботи пасажирського і вантажного флоту в різних портах Світового океану [8]. У портах Чорного моря дослідження тягунів почалися з 1948р. після створення в Туапсе Морської обсерваторії. Проте, таких фундаментальних досліджень прибірного биття, подібно виконаних на Далекому Сході і в Північній Америці, на Чорному морі не проводилося.

В [12] наведено результати розрахунків баротропних сейш для бухт Севастопольського регіону - Карантинна, Козача, Камишова, Кругла (Омега), Південна і Корабельна, які показали, що тільки в бухтах Карантинній, Південній і Корабельній існують умови для утворення тягуна. У Карантинній бухті явище тягун спостерігалось, наприклад, 3 березня 1988 року, коли при повному штилі в бухті підйоми рівня склали 1,5 м з періодом 40-60 с, і 27, 28 лютого 2005 року, коли були зафіксовані періодичні підйоми води до 1 м з періодом коливань 60 с.

Як вказувалось вище, явище тягуна завдає значної шкоди морському флоту. Так, в Батумі в 1951 - 1970 рр. через появу тягуна відбувалося припинення роботи порту тривалістю 6308 год, 619 суден були виведені на зовнішній рейд (в середньому 314 год і 31 судно в рік). Бували випадки, коли тягун знищував портові споруди. У січні 1968 року в результаті сильного тягуна в порту Туапсе були перекинуті дві величезних бетонних ділянки молу, в результаті чого утворився пролом у хвилеломі. Одночасно з цими подіями були зруйновані три причали [11].

В роботі [13] представлено результати аналізу синоптичних умов, що обумовлюють це небезпечне явище. За інформацією, відображеної в гідрометеорологічних картах, щоденниках погоди і на стрічках мареографа за багаторічний період, а також дотримуючись аналітичних розрахунків, вдалося виявити певні типи атмосферних процесів, що сприяють утворенню тягунів в портах Чорного моря. По атмосферних процесах підбиралось поле брижів, час їх виходу з штормовий зони і, на основі аналітичного методу Крилова [4], проводився розрахунок періоду довгоперіодної брижі на підході до порту. Виявилось, що якщо період підходу бриж є близьким до періоду власних коливань акваторії порту або кратним йому, є ймовірність виникнення тягуна тієї або іншої інтенсивності в залежності від активності та тривалості синоптичних процесів.

По п'яти однорідним в синоптичному відношенні районів Чорного моря (північно-західний, південно-західний, центральний, південно-західний,

південно-східний) визначено 9 типів полів хвилювання (брижі): 1 - північно-східний, 2 - східний, 3 - південно-східний, 4 - південно-західний, 5 - західний, 6 - північно-західний, 7 - північний, 8 - південний, 9 - циклонний. Кожен тип має різновиди в залежності від швидкості вітру, його тривалості (12 і 24 ч) і активності атмосферних процесів.

Карти типів синоптичних процесів з відповідними їм картами поля вітру і поля брижів, а також з розрахованими резонансними періодами для акваторій портів довгоперіодних хвиль брижів оформлені у вигляді електронного атласу гідрометеорологічних умов виникнення тягуна в портах Чорного моря [13]. Зокрема, для порту Чорноморськ, синоптичні процеси, що передують тягуну в його акваторії, представлено двома типами.

Тип I. Вихід середземноморських циклонів і пов'язаний з ними локальний циклогенез південно-західній частині Чорного моря. Цей тип ділиться на два під типа.

I а- середземноморський циклон, розташований над Егейським морем і заходом Малої Азії. Улоговина його виходить на південний захід Чорного моря. Циклон блокований відрогами антициклонів, один з яких - азіатський, розташований над територією Росії і Білорусії, доходить до меридіана Вітебська (тобто на схід від  $35^\circ$  східної довготи), другий - над Малою Азією. Над західною частиною моря при цьому знаходиться зона сильних вітрів східної чверті (південно-східні, східні і північно-східні), швидкість яких може перевищувати 20 м/с.[9]. Для цього типу розглядається випадок виникнення помірного тягуна 28 листопада 2000р. коли в порту Чорноморськ при північно-північно-східному вітри швидкістю 12- 17 м·с<sup>-1</sup> висота хвиль склала 2,0 м. Висота низькочастотних коливань досягала 10 см, що за шкалою інтенсивності відповідає помірному тягуну. Горизонтальні рухи від причалу до причалу зазнало судно «Дніпрайд», що стояло біля причалу № 3. За даними стрічок мареографа видно, що тягун почався о 19.20 год 25 листопада 2000р. і закінчився о 10.50 год 28 листопада 2000р. Таким чином, загальна тривалість явища склала 63 год. Синоптична ситуація склалася таким чином. Улоговина середземноморського циклону з тиском в центрі 1004 мб поширилася на захід Чорного моря. Напрямок штормового вітру був переважно східних румбів з посиленням в районі Чорноморська до 20 м·с<sup>-1</sup>. Падіння тиску на заході моря за 3 год склало 2,3 мб. Відповідно висота вітрових хвиль в штормовій зоні, розташованій смугою від західного берега Криму до берегів Румунії, становила 6 - 7 м з періодом 9с. Через 12 год в порту Чорноморськ період довгоперіодної брижі становив 108 с, що кратна періоду порту, рівному 139 с (число кратності  $\approx 1,3$ ).

I б - середземноморський циклон блокований відрогами антициклонів, один з яких знаходиться над Малою Азією, а другий - Азорський, над європейською територією, на захід від меридіана Вітебська (на захід від  $35^\circ$  східної довготи). Над західною частиною Чорного моря при цьому спостерігаються сильні північні і північно-східні вітри, швидкість яких іноді перевищує  $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . При цьому типі 9 - 10 січня 1991 року в порту спостерігався помірний тягун. Напередодні, 8 грудня, синоптична ситуація складалася таким чином. Циклон з тиском в центрі 1000 мб знаходився над західною частиною Малої Азії. Улоговина його поширилася на всю південну частину Чорного моря. Область високого тиску - над європейською частиною СНД і східною частиною Малої Азії. При штормових вітрах північній чверті і згущення ізобар над західною частиною моря, хвилювання в цій частині моря досягало V балів. При цьому штормовий вітер північного напрямку в районі о.Зміїний з 05.00 год. до 21.00 год. 8 грудня досягав сили  $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  з поривами до  $30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . В районі Одеси вітер був переважно північного і північно-західного напрямків швидкістю  $10-12 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , о 23.00 год. швидкість вітру північного напрямку досягла  $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , хвилювання моря - IV балів. В районі Тендри вітер північно-східного напрямку з 09.00 до 13.00 год досяг швидкості  $24-26 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , а з 15 до 23 год.  $29-31 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  з поривами до  $35 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Хвилювання моря - V балів. 9 грудня о 09 год. почався слабкий тягун, який до ранку 10 грудня перейшов в помірний. Висота хвиль брижі - 2 м. Висота низькочастотних коливань - 18 см, що відповідає помірному тягуну. Його дію зазнало на собі судно «Індіан», що стояло біля причалу № 3.

Тип II. Над північно-західними, північними, або центральними районами ЄТС розташовується центр великого циклону, улоговина його охоплює північну частину Чорного моря. Над Туреччиною, або Балканами простягається антициклон або гребінь. Над морем переважають вітри південних напрямків. У західній та північно-західній частинах моря штормові вітри досягають особливої сили (до  $20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ). Нерідко в південно-західній частині моря спостерігається локальний циклогенез зі штормовими вітрами і хвилюванням IV - V балів. При цьому типі виник тягун 24 листопада 2001 р. При розвитку штормових вітрів на півдні моря (в районі м.Сіноп) штормове хвилювання в 03.00 год. досягало IV бали. Через 12 год., тобто до 15.00 год. 24 листопада, в Чорноморську розпочався слабкий тягун, і тривав до 11.00 год. 26 листопада (загальна тривалість - 44 год.). У порту в цей час знаходилося на розвантаженні судно «Юмворт», вантажно-розвантажувальні роботи були припинені. Дана синоптична ситуація формує 3 тип поля брижів. Висота хвиль в порту складала 1,5 м від південного заходу при вітри південного напрямку



швидкістю  $9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Висота низькочастотних коливань - 10 см, що відповідає інтенсивності помірного тягуна. Зіставлення періоду брижі, що підійшла, з періодом коливань води в акваторії порту, а також розрахована висота низькочастотних коливань дають підставу зробити висновок про виникнення в порту тягуна помірною інтенсивності, що також підтверджується даними спостережень. Період коливань під час тягуна лежить в діапазоні від 30 с до 4 хв, а горизонтальні переміщення досягають 2-4 м, але іноді бувають і більше.

З аналізу роботи [13] можна зробити такі висновки. Більша частина атмосферних процесів (80%), що обумовлюють тягуни в порту Чорноморськ, припадає на I тип процесів – вихід середземноморських циклонів і пов'язаний з ним локальний циклогенез в південно-західній частині Чорного моря. Однак більша частина (56%) тягунів потужної інтенсивності припадає на II тип процесів, що відповідає розташуванню центру циклона над північно-західними, північними або центральними районами Європейської території СНД, при цьому його улоговина охоплює північну частину Чорного моря, а над Терцією і Балканами розташовано антициклон, або його гребінь. Згідно з виконаними дослідженнями, виникнення тігуна в порту Чорноморськ відбувається після дії над морем східного шторму зі швидкостями вітру  $10-15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і тривалістю 20 годин.

В дипломній магістерській роботі для аналізу тягунів в порту Чорноморськ використовувались дані по випадках їх фіксації, а також дані по вертикальним та горизонтальними коливанням суден ( висота і період) біля причалів за період 1982- 2006 рр. Нажаль спостереження за коливаннями рівня за допомогою мареографу в порту Чорноморськ не проводяться, тому для дослідження використовувались непрямі характеристики тягуна. Для аналізу погодних умов, які спостерігались під час виникнення тягуна, розглядалися дані спостережень за напрямками і швидкістю вітру і хвилюванням моря з таблиць ТГМ.

За досліджуваний період в порту Чорноморськ спостерігалось 85 випадів виникнення тягуна. Повторюваність явища по роках неоднакова: в деякі роки не спостерігалось ні одного випадку, а найбільша їх кількість припадає на 1993 р. і досягає 23 випадки. Дані по кількості випадків тягуна по роках показані на рис.3.1.

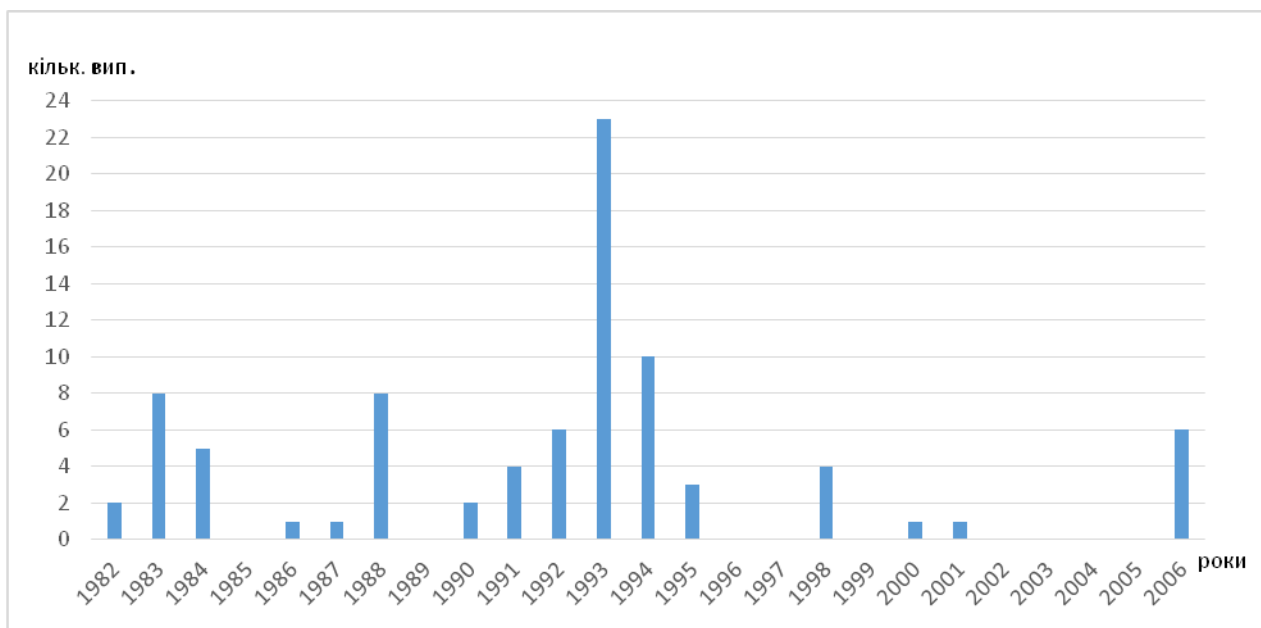


Рис. 3.1 Кількість випадків тягуна по роках в порту Чорноморськ за період 1982-2006 рр.

Найбільша кількість випадків тягуна спостерігається з жовтня по березень, що обумовлено інтенсивністю атмосферних процесів і сильними вітрами над Чорним морем в зимовий період року. Найчастіше вони спостерігалися в листопаді - 21 раз, а в липні і серпні тягунів за весь період зовсім не спостерігалось. Кількість випадків тягуна по місяцях представлено на рис. 3.2.

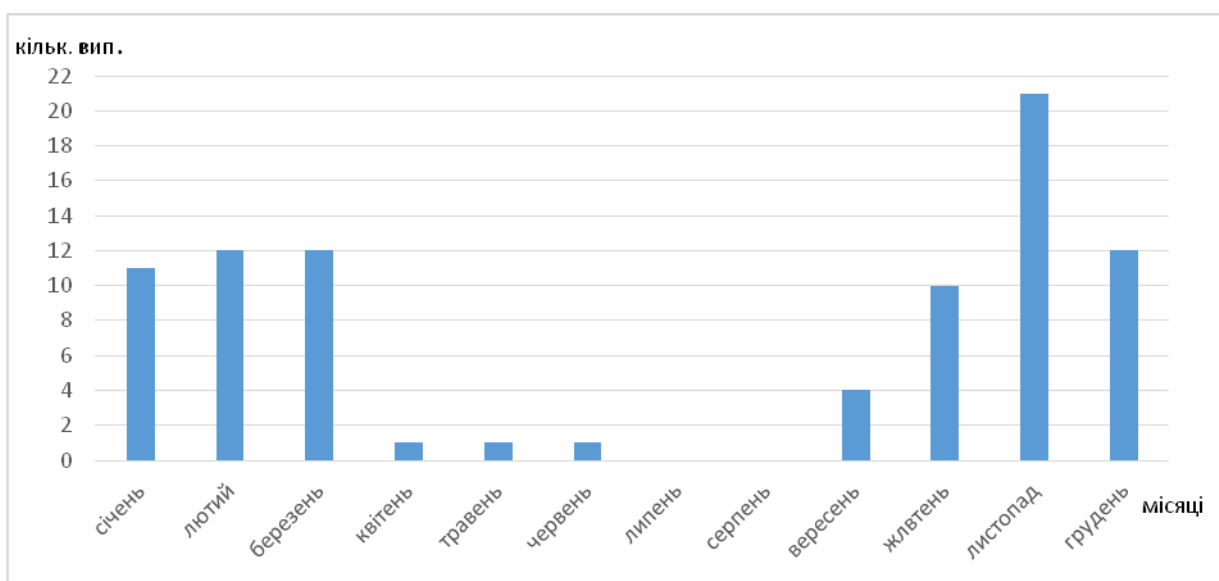


Рис. 3.2 Кількість випадків тягуна по місяцях в порту Чорноморськ за період 1982-2006 рр.

Для аналізу вітрів, які передують виникненню явища, розраховувалась їх кількість по кожному напрямку, результати яких представлено на рис. 3.3.

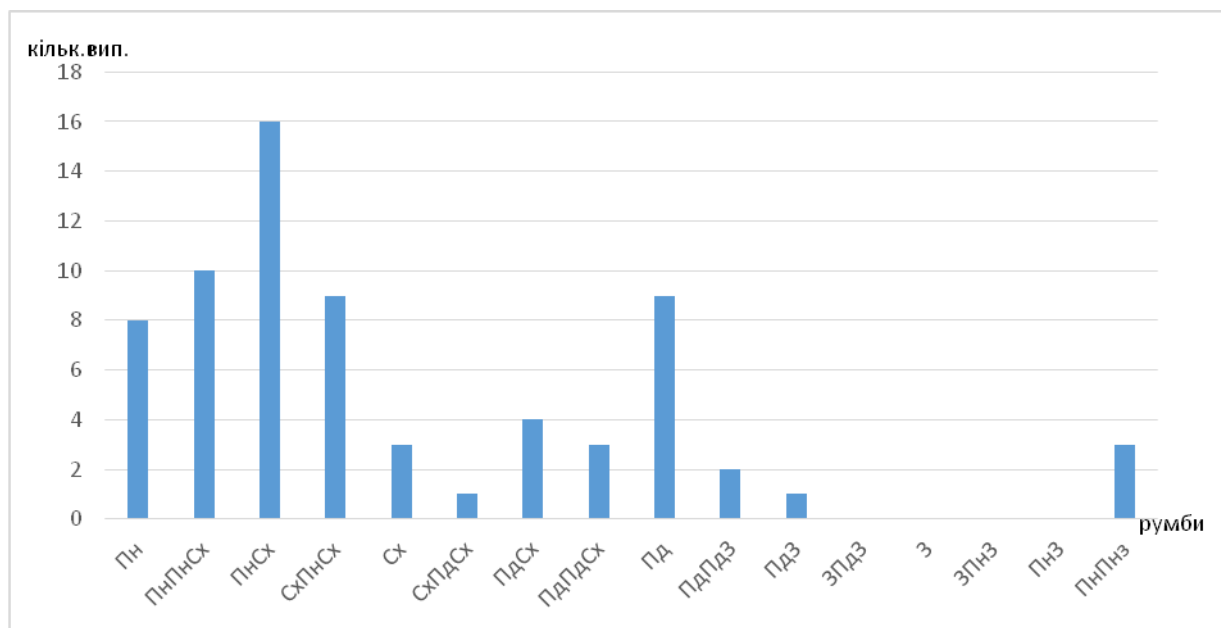


Рис.3.3 Кількість випадків вітру по напрямках при виникненні тягуна в порту Чорноморськ

Як видно з рис 3.3, в більшості випадків виникнення тягуна відбувається при північно-східному вітри (16 разів). На північний-північно-східний і східний-північно-східний вітри припадає 10 і 9 випадків відповідно, а на північний – 8 випадків. Сумарно на ці напрями припадає 43 випадки, тобто 50%. Слід також відмітити, що при південних вітрах, які спостерігалися в 9 випадках, також може виникнути тягун. При вітрах західної чверті тягуни в порту Чорноморськ зовсім не спостерігаються. Цей висновок узгоджується з висновками роботи [12] де показано, що виникнення тігуна в порту Чорноморськ відбувається після дії над морем східного шторму. За даними таблиць ТГМ розраховувались також середні швидкості вітру під час виникнення тягунів, результати яких представлено на рис. 3.4.

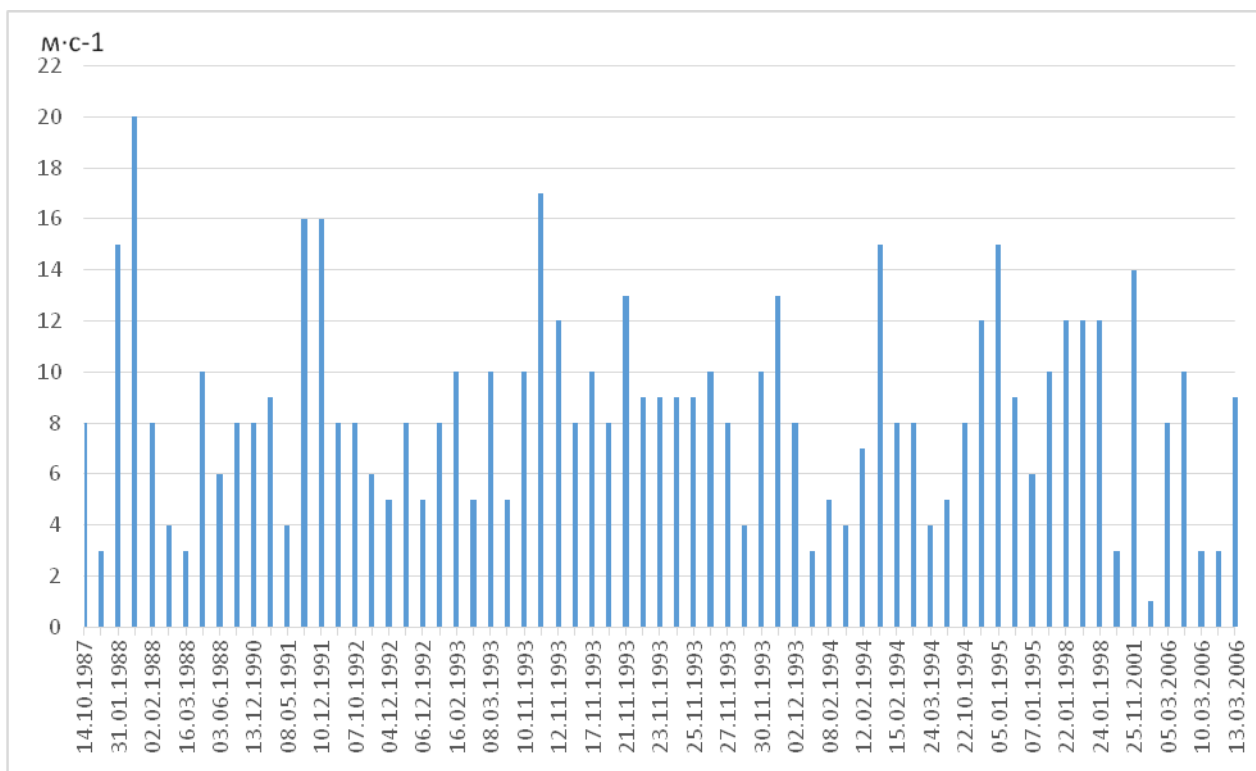


Рис. 3.4 Значення середньої швидкості вітру під час виникнення тягуна в порту Чорномоськ за різні роки

Найбільша середня швидкість вітру спостерігалася 1.02.1988р., вона становила  $20\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Середня швидкість вітру за весь період спостережень становить  $8,54\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а найменша -  $1\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Аналізувались також данні по висотам і періодам хвиль, які представлено на рис. 3.5. і 3.6 відповідно. Середня висота хвилі за досліджуваний період становить  $1,28\text{ м}$ , а максимальна досягла  $3,2\text{ м}$  і була зафіксована 1.02.1988, в цей же день була зафіксована і максимальна швидкість вітру. Середній період хвилювання становить  $3,97\text{ сек}$ . Мінімальний період хвилювання був зафіксований 16.03.1988р. і становив  $2,4\text{ с}$ . Максимальний період становив  $6,5\text{ с}$  і спостерігався 31.01.1988 р.

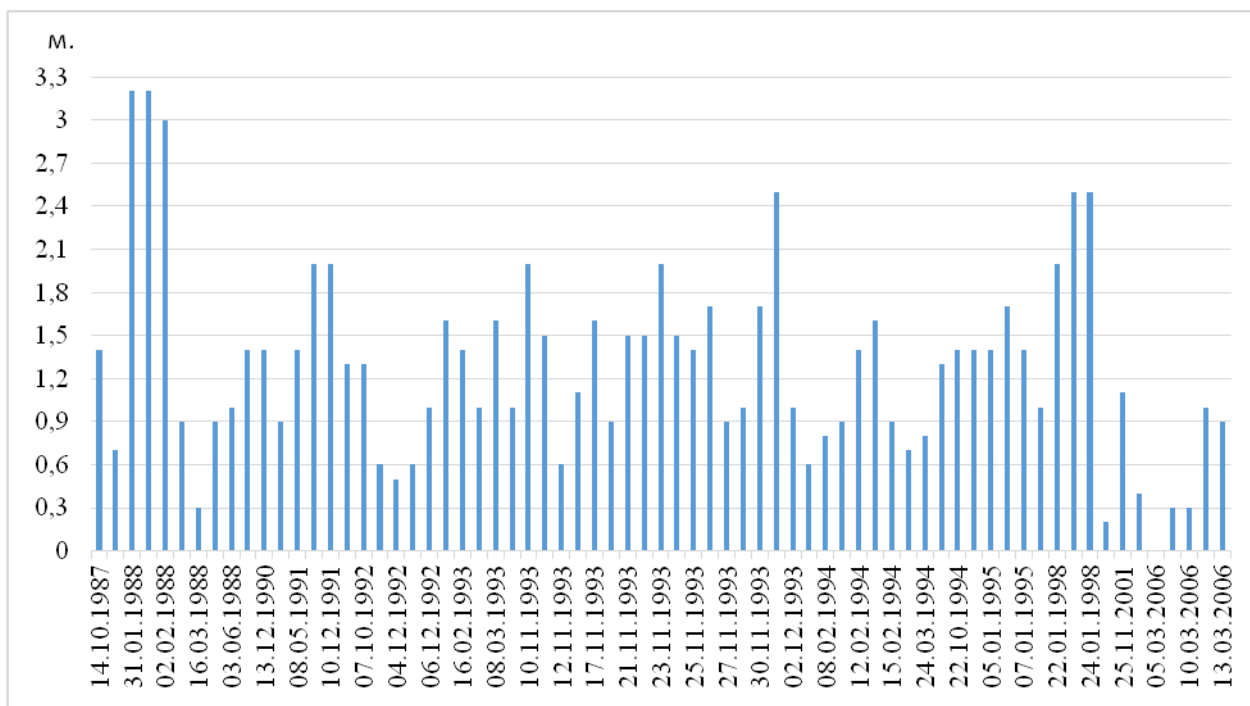


Рис. 3.5 Значення висот хвиль під час виникнення тягуна в порту Чорноморськ за різні роки

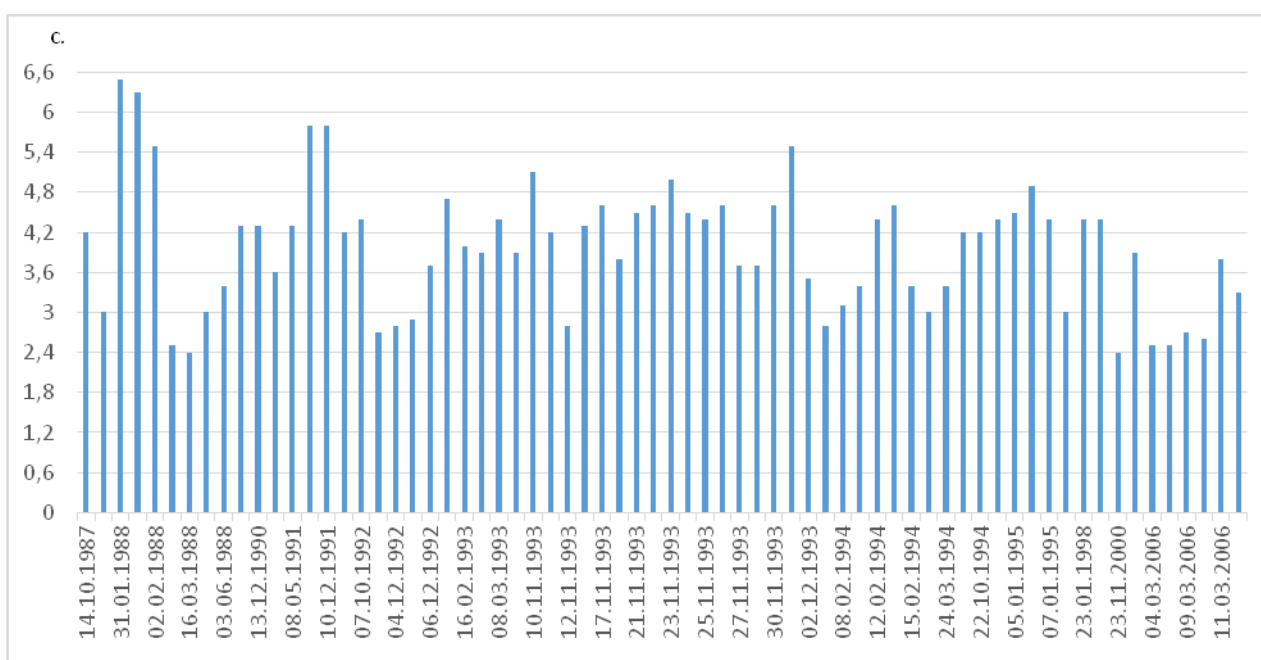


Рис. 3.6 - Значення періоду хвилі під час виникнення тягуна в порту Чорноморськ за різні роки

Як вказувалось вище, під час тягуна у закритій акваторії порту починаються різкі рухи суден, пришвартованих біля причалів, або тих, що стоять на якорі. Горизонтальні переміщення суден і вертикальна качка

бувають настільки різкими і сильними, що судна нерідко зриваються з якоря, рвуться швартовні канати, вириваються причальні тумби. Навіть при дуже малих прискореннях у русі суден виникають ударні сили, що можуть пошкодити їх обшивку. Тому представляє інтерес проаналізувати горизонтальні і вертикальні переміщення суден і періоди качки.

Амплітуда і період вертикальних коливань суден біля причалів представлено на рис. 3.7 і 3.8 відповідно. Середня амплітуда вертикальних коливань становила 22,92см, а середній період – 24 с. Максимальна вертикальна амплітуда коливань зафіксована 7.10.1992 р. і становила 55 см і відбувались такі коливання з періодом 40 с. Мінімальні значення вертикальних коливань становили 5 см і їх період 7 с.

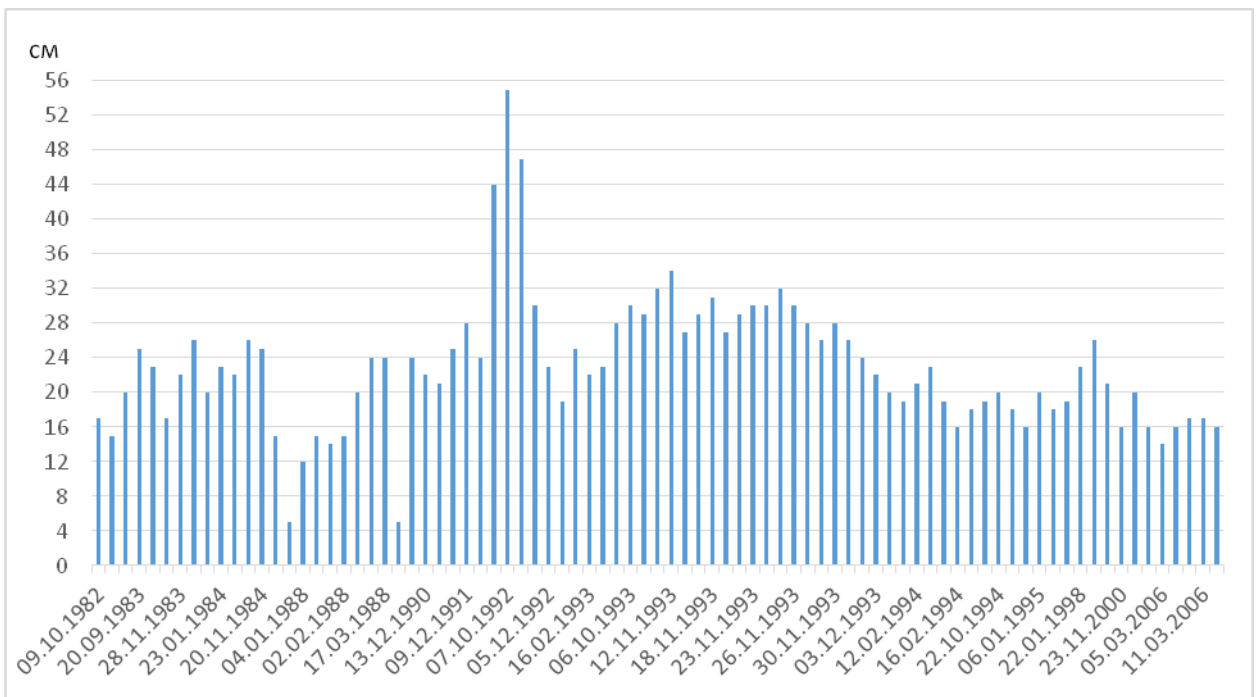
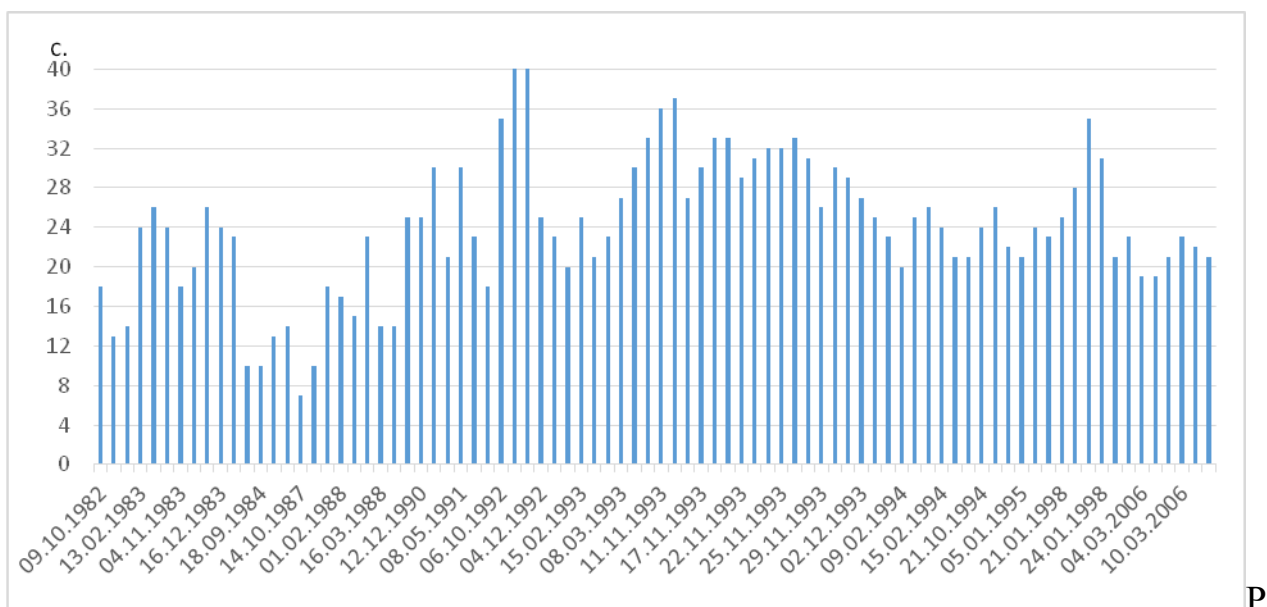


Рис. 3.7 Значення вертикальних амплітуд коливань суден біля причалів під час тягуна по роках.



ис.3.8 Значення періоду вертикальних коливань суден біля причалів під час тягуна по роках.

Амплітуди і періоди горизонтальних коливань суден представлено на рис. 3.10 і 3.11 відповідно. Середня амплітуда горизонтальних коливань складає 22,35см, а період - 28.75 с. Максимальна горизонтальна амплітуда спостерігалась 7.10.1992р. і становила 65 см, а мінімальна - 23.11.1993р. і становила всього 2см. Максимальні періоди горизонтальної амплітуди спостерігались 16 і 17.03.1988 р. і дорівнювали 49с, а мінімальний -14.10.1987 р. – 6с.

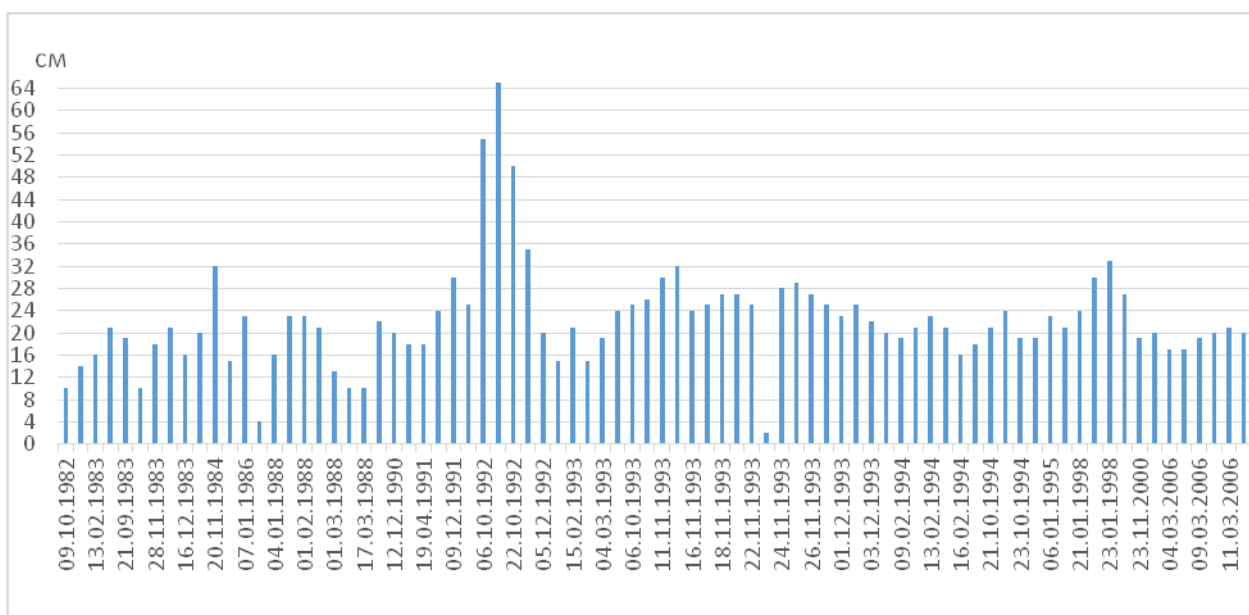


Рис. 3.9 Значення горизонтальних амплитуд коливань суден біля причалів під час тягуна по роках.

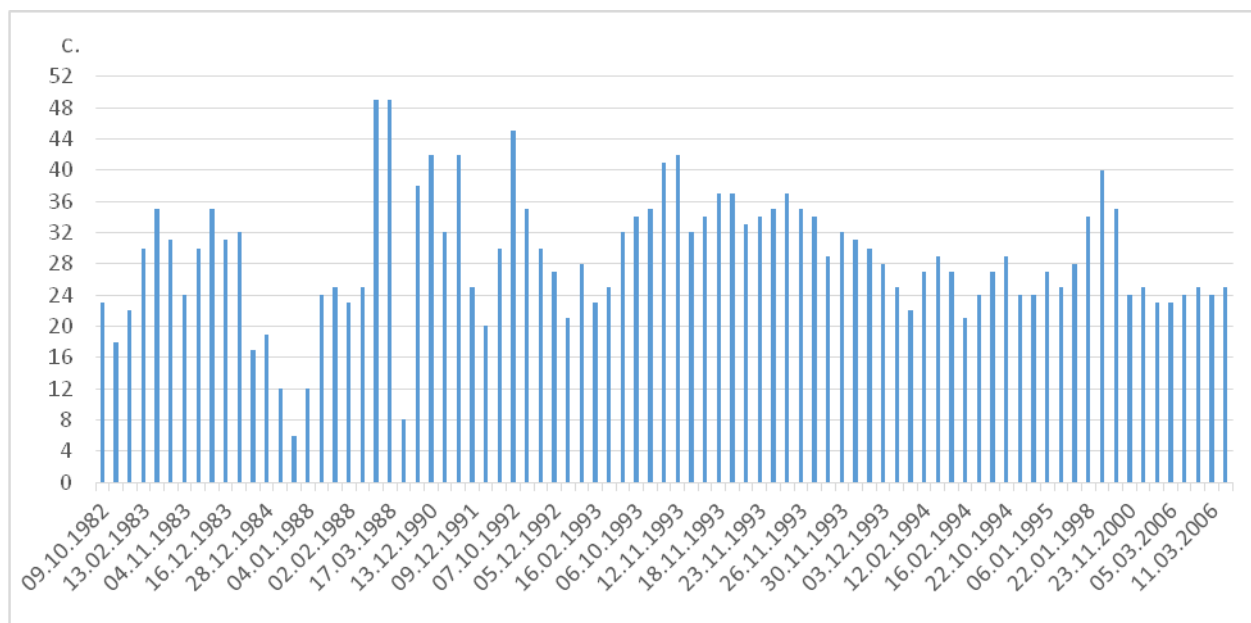


Рис. 3.10 Значення періоду горизонтальних коливань суден біля причалів під час тягуна по роках.

Для аналізу синоптичних процесів, які обумовлюють виникнення тягуна можна навести приклад їх розвитку протягом 4 діб – з 21 по 24 січня 1988 р., коли в порту Чорноморськ зафіксовано це явище. Протягом вказаного періоду в порту спостерігались вітри східного і південно-східного напрямку швидкістю  $10-12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а висота хвиль сягала 2,5 м. При цьому вертикальна амплітуда коливань складала від 17 до 23 см а горизонтальна від 28 до 40 см.

Розвиток синоптичних процесів з 21 по 24 січня 1988 р. представлено рис. 3.11 -3.14, а карти приземного аналізу атмосферного тиску за 00 г. взяті з [14]. На карті за 21.01.1988р. видно що над Балканами розташувався великий циклон з тиском 997мб, а над східною Україною - область високого тиску. Над Чорним морем утворилася зона взаємодії між цими утворюваннями зі потужними вітрами східного і південно-східного напрямів. На рис.3.12 зображена синоптична обстановка за 22.01.1988р, на якій видно що антициклон над східною частиною України посилюється. Тиск в його центрі дорівнює 1047 мб, градієнти атмосферного тиску в зоні взаємодії збільшились, що посприяло посиленню вітру та хвилювання від східного напрямку. 23.01.1988р. ситуація зберігалась незмінною, на рис.3.13 зображена синоптична карта за цей день. 24.01.1988р. антициклон став слабшим, тиск в



його центрі знизився до 1036 мб, а напрям вітру в районі порту Чорноморськ змінився на південний, що видно з рис.3.14.

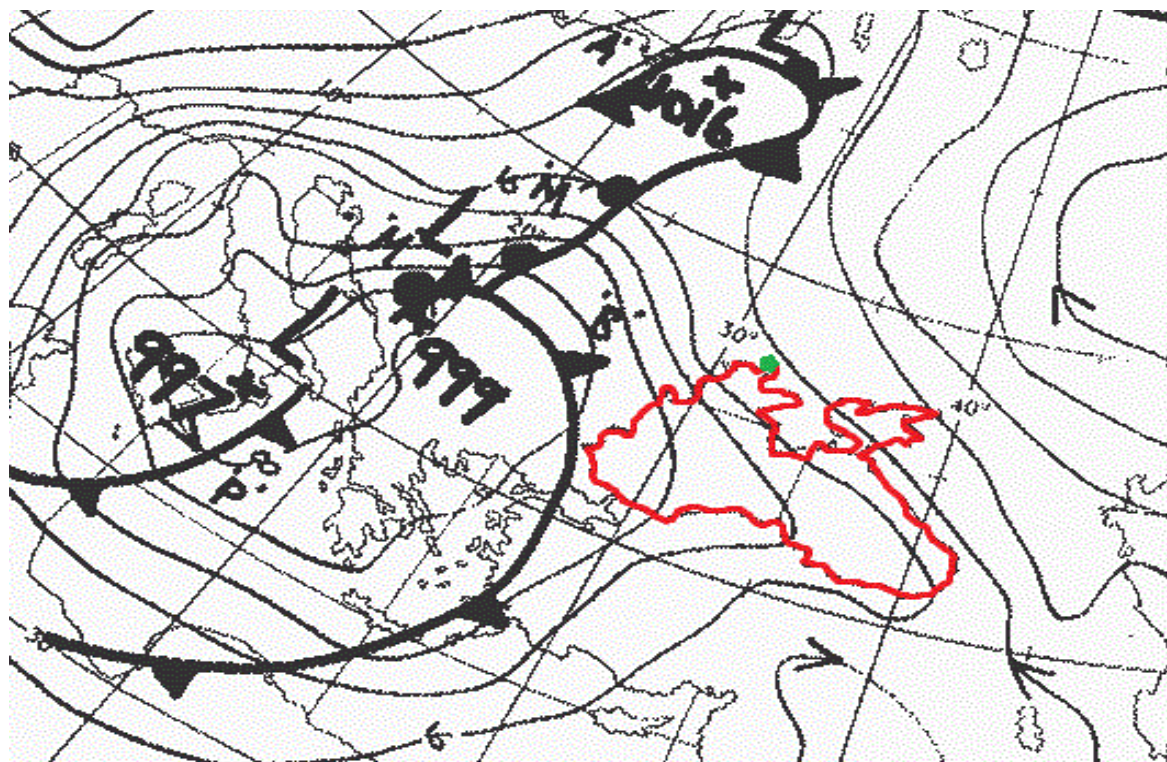


Рис. 3.11 Приземний аналіз атмосферного тиску за 00 г. 21.01.1988 р.

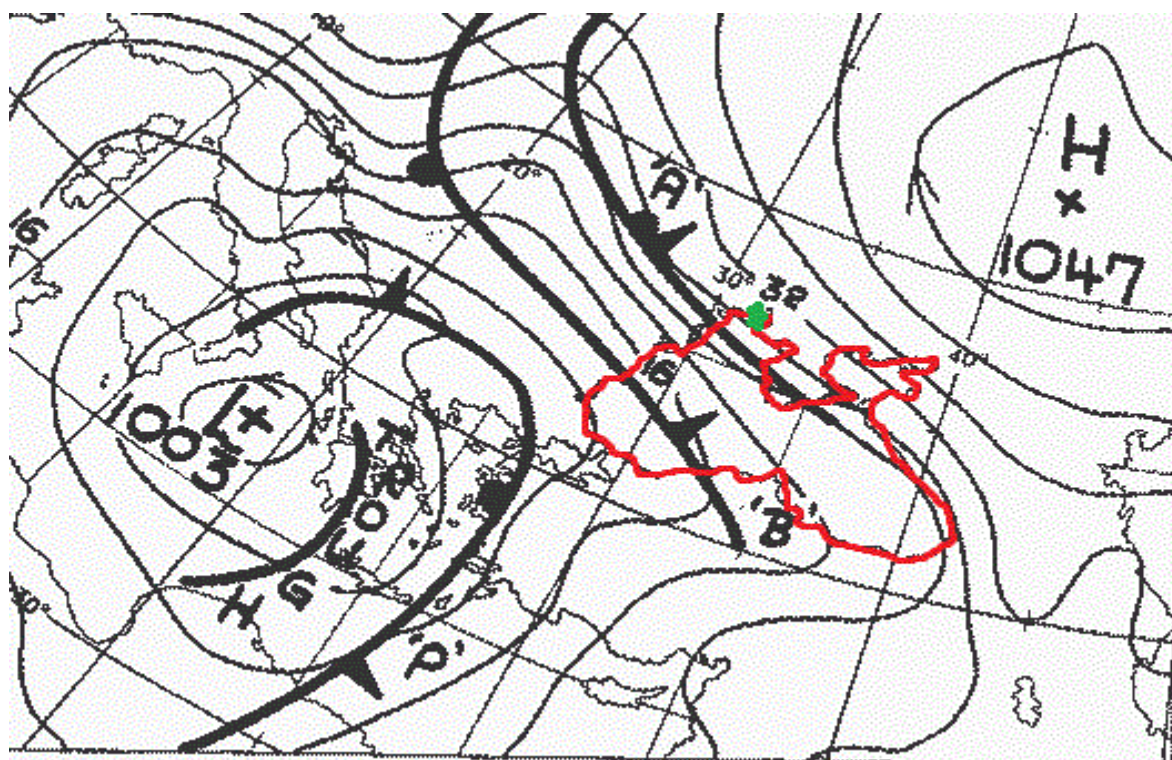


Рис. 3.12 Приземний аналіз атмосферного тиску за 00 г. 22.01.1988 р.

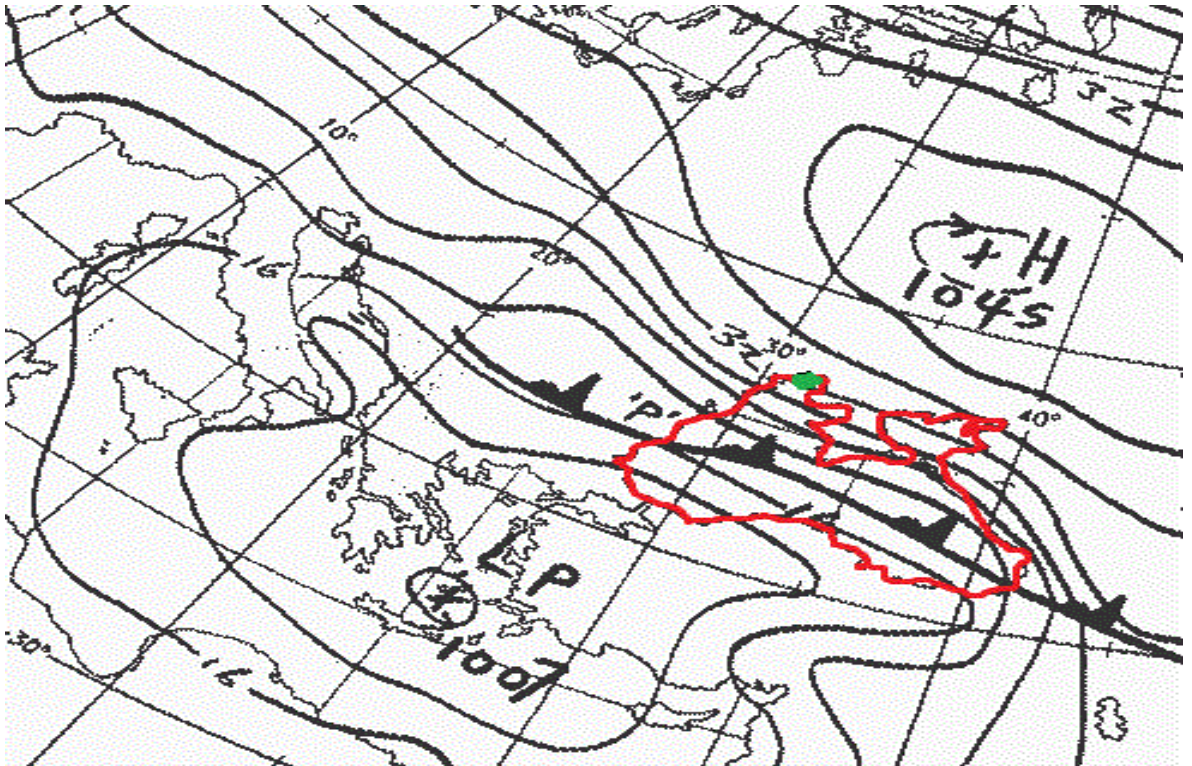


Рис. 3.13 Приземний аналіз атмосферного тиску за 00 г. 23.01.1988 р.

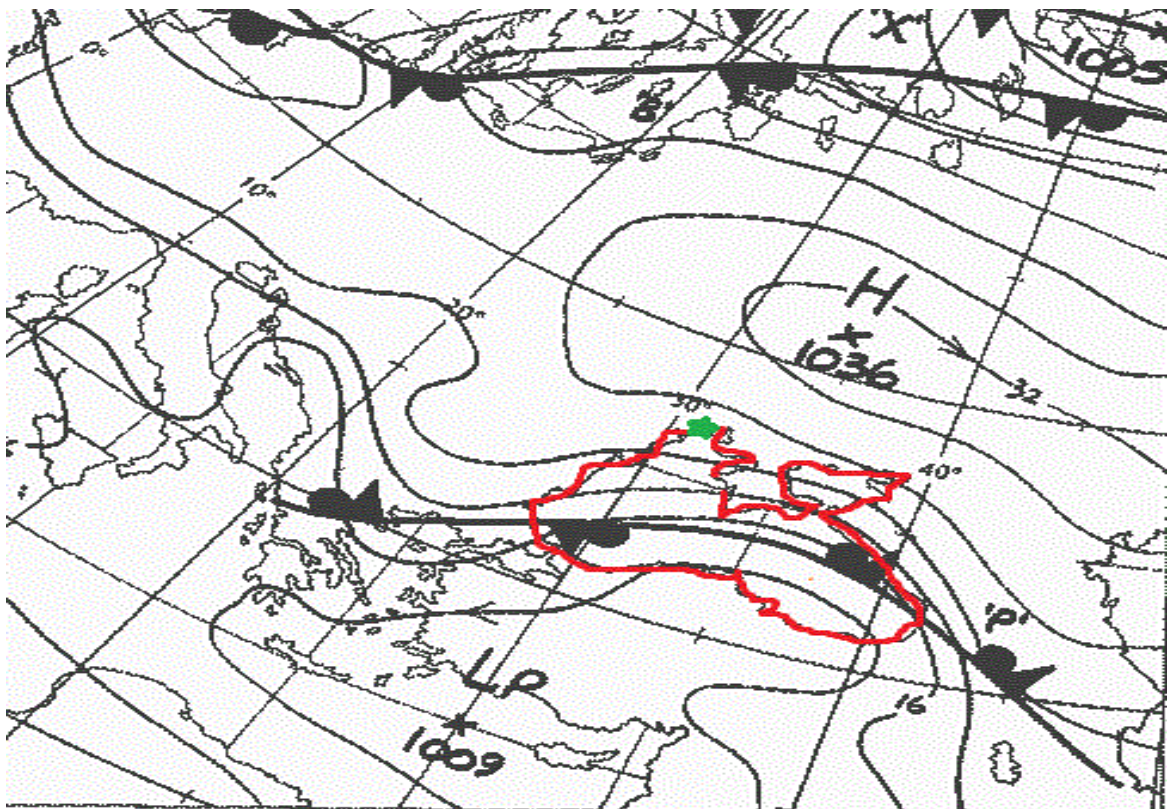


Рис. 3.14 Приземний аналіз атмосферного тиску за 00 г. 24.01.1988 р.

З аналізу синоптичних карт можна зробити висновок, що цей випадок узгоджується з роботою [8], де показано, що тягун в порту Чорноморськ обумовлено виходом середземноморського циклону і пов'язаним з ним локальним циклогенезом в південно-західній частині Чорного моря. Такі процеси формують зону значних градієнтів атмосферного тиску над Чорним морем з потужними і тривалими вітрами східного і південно-східного напрямку, які в свою чергу сприяють розвитку хвиль висотою 2-2,5 м. Приникаючи в акваторію порту такі хвилі викликають небезпечне явище тягун.

З аналізу тягунів в порту Чорноморськ можна зробити такі висновки. За період 1982-2006 рр. в порту Чорноморськ спостерігалось 85 випадів виникнення тягуна. Повторюваність явища по роках неоднакова: в деякі роки не спостерігалось ні одного випадку, а найбільша їх кількість припадає на 1993 р. і досягає 23 випадки. Найбільша кількість випадків тягуна спостерігається з жовтня по березень, що обумовлено інтенсивністю атмосферних процесів і сильними вітрами над Чорним морем в зимовий період року. Найчастіше вони спостерігалися в листопаді - 21 раз, а в липні і серпні тягунів за весь період зовсім не спостерігалось.

В більшості випадків ( 50%) виникнення тягуна відбувається при помірних та сильних вітрах північного, північно-східного і східного напрямів. Середня швидкість вітру під час виникнення тягуна за весь період спостережень становила  $8,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а найбільша досягала  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . При цьому середня висота хвилі становить 1,3м, а максимальна досягала 3,2 м.

Аналіз коливань суден біля причалів показав, що амплітуда вертикальних коливань в середньому становила 23см, а максимальна досягала 55 см, а їх період становить 24 с і 40 с відповідно. Амплітуда горизонтальних коливань в середньому становить 22см, а максимальна – 65 см, при цьому періоди таких коливань змінюються від 6 с до 49 с.

Аналіз синоптичних процесів над Чорним морем показав, що виникнення тягуна в порту Чорноморськ обумовлено виходом середземноморського циклону і пов'язаним з ним локальним циклогенезом в південно-західній частині Чорного моря. Такі процеси формують зону значних градієнтів атмосферного тиску над Чорним морем з потужними і тривалими вітрами східного і південно-східного напрямку, які в свою чергу сприяють розвитку хвиль висотою 2-2,5 м.

## 4 ЕКСТРИМАЛЬНІ ВІТРОВІ ХВИЛІ НА УЗМОР'І ПОРТІВ ЧОРНОМОРСЬК, ОДЕСА, ЮЖНИЙ

Дослідження мінливості хвилювання моря і характеристик вітру є одними з актуальних завдань сучасної географічної науки. На сьогоднішній день дослідження вітро-хвильового режиму в прибережній зоні вкрай важливо для запобігання економічних втрат, зумовлених екстремальними штормами. У свою чергу, успішність прогнозування таких штормів базується на розробках сучасних прогностичних моделей та знанні режимних характеристик гідрометеорологічних параметрів.

Порти Одеса, Чорноморськ та Южний розташовано в північно-західній частині Чорного моря та є одними із великих морських портів України. В основі безпеки виробничих операцій в портах та експлуатації берегової інфраструктури необхідні знання про виникнення екстремальних погодних умов, зокрема, сильних штормів, здатних привести до значних економічних втрат. Враховуючи вищесказане, можна відмітити, що вітер і хвилювання є одними з найбільш важливих елементів, що визначають безпеку мореплавства і берегової інфраструктури.

В дипломній магістерській роботі виконано аналіз екстремальних вітрових хвиль на узмор'ї портів Одеса, Чорноморськ і Южний за матеріалами спостережень, які містяться в таблицях ТГМ, за період 1987-2016 рр. З таблиць обирались максимальні в кожному місяці значення вітрових хвиль, а також відповідні дані по напрямках і швидкості вітру.

### 4.1 Екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї порту Одеса

На рис. 4.1 зображено графік середніх висот хвиль, розрахованих з максимальних значень за кожен місяць. Природно, що максимальні в річному ході висоти хвиль спостерігаються в осінньо-зимовий період року, а мінімальні - в літні місяці. В січні висота хвиль досягає 1.9 м, а в липні лише 1м.

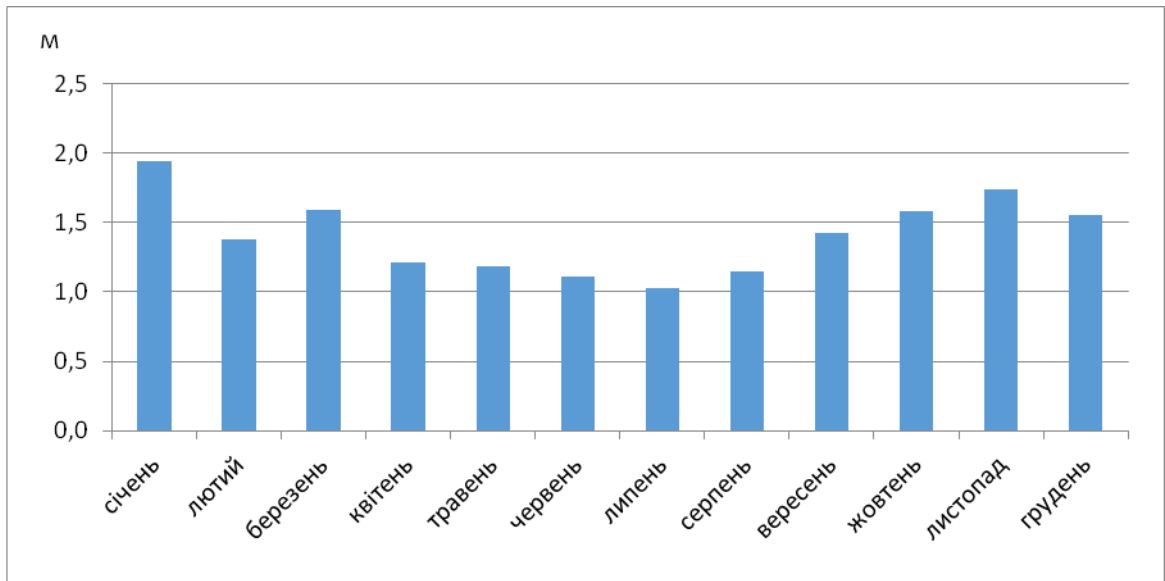


Рис.4.1 Графік річного ходу середніх з максимальних за кожен місяць висот хвиль на узмор'ї Одеси за період 1987-2016 рр.

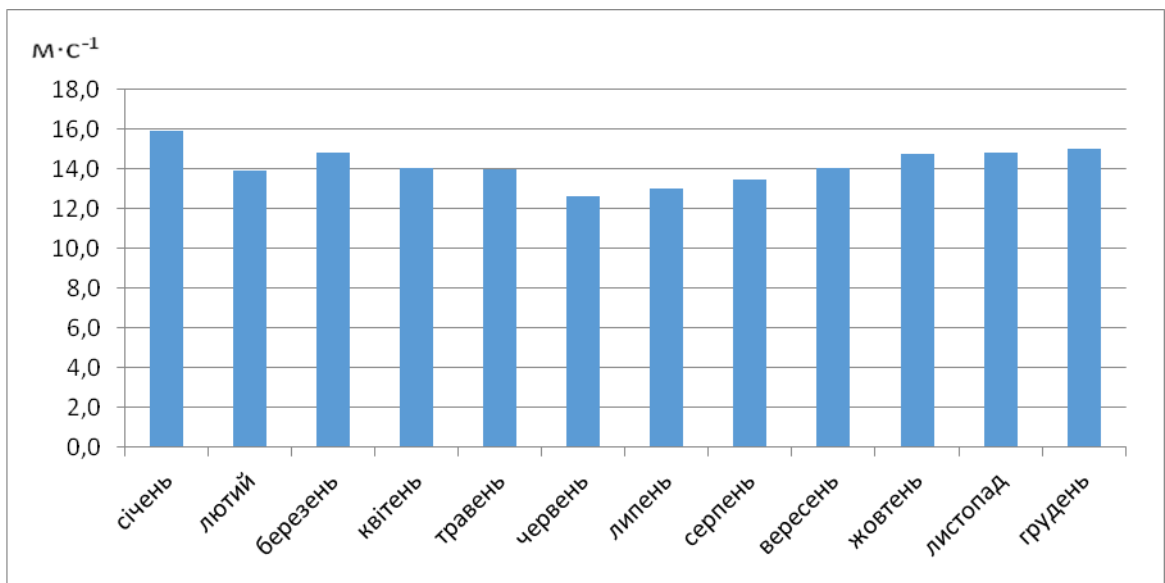


Рис. 4.2 Графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру на узмор'ї Одеси за період 1987-2016 рр.

На рис. 4.2 представлено графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру, яка спостерігалась підчас виникнення максимальних висот хвиль. Максимальне значення швидкості вітру спостерігається у січні і дорівнює  $15,9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а мінімальне значення у червні -  $12,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В таблиці 4.1 показані максимальні та мінімальні значення висот хвиль за кожен місяць року та їх дати за досліджуваний період. Мінімальні

висоти хвиль в усі місяці року майже однакові та не перевищують 1м,а максимальні значення хвиль демонструють не тільки сезонну мінливість, а й деякі випадки значних висот хвиль в літні місяці. Наприклад, 24 вересня 1996 р. висота хвилі складала 3,3 м, в той час як найбільша за досліджуваний період висота хвиль була зафіксована 26 січня 2005 р. і дорівнювала 3,5 метра, тобто, і в літні місяці на узмор'ї Одеси можуть спостерігатися значні висоти хвиль.

Таблиця 4.1 Максимальні і мінімальні значення висот хвиль та їх дати на узмор'ї Одеси

Місяць	Максимальні значення	Мінімальні значення
Січень	3,5(26.01.2005)	1(2.01.1989)
Лютий	2,5(23.02.2007,11.02.2010)	0,8(4.02.2008)
Березень	3(23.03.2007)	0,8(2,31.03.2008)
Квітень	2(19.04.2003)	0,5(1.04.2012)
Травень	2,1(28.05.1989)	0,8(2.05.2000,7.05.2007, 15.05.2014)
Червень	2(26.06.2014)	0,7(5.06.1989,14.06.2012)
Липень	1,5(23.07.2002,1.07.2013)	0,5(4.07.2011)
Серпень	2,2(21.08.1987)	0,5(1.08.1989)
Вересень	3,3(24.09.1996)	0,7(21.09.1987)
Жовтень	3(12.10.2016)	0,9(17.10.1989)
Листопад	2,5(22.11.1999,9.11.2000,5.11. 02)	0,8(7.11.2011,6.11.2013)
Грудень	2,5(18.12.2008,3.12.2012)	0,8(7.12.2000,26.12.2004)

На рис. 4.3 представлено графік між річної мінливості максимальних значень висот хвиль на станції Одеса. Максимальні висоти хвиль, які перевищували значення 3м спостерігалися у 1996р., 1998р., 2005р., 2007р., 2009р., 2010р. та 2016 р. А 26-го січня 2005 р. висота хвиль досягала значення 3,5 м, що є стихійним гідрометеорологічним явищем для порту Одеса. Близькими до цієї позначки були і хвилі, які спостерігалися 24-го вересня 1996 р., їх висота досягала значення 3,3 м. З графіку можна також помітити, що між річна мінливість демонструє позитивний тренд максимальних висот хвиль і відчуває період, близький до двох років.

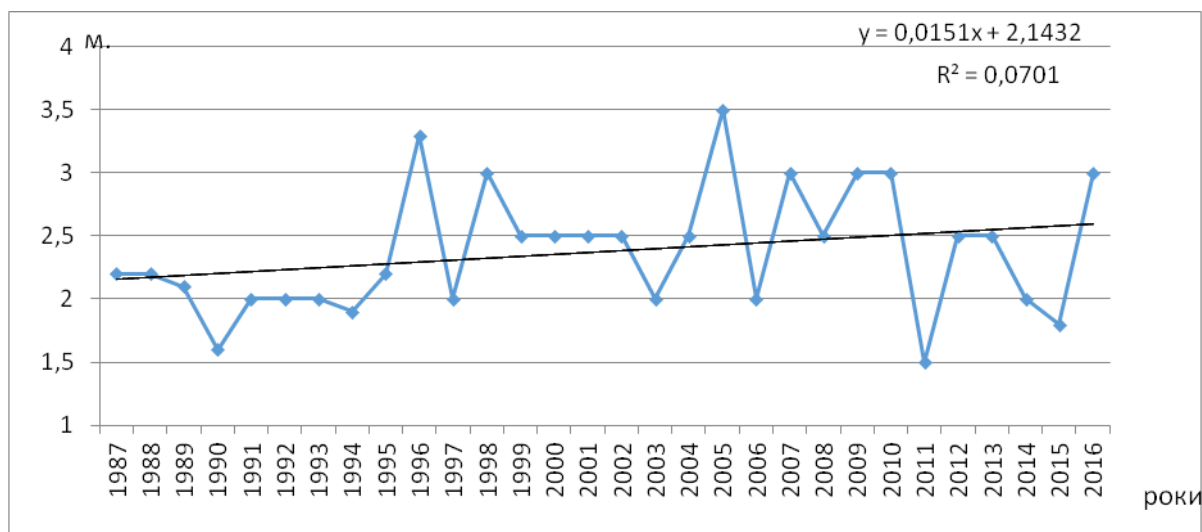


Рис. 4.3 Міжрічна мінливість максимальних значень висот хвиль на узмор'ї Одеси за період 1987-2016рр.

Також розглядалися напрями вітру, які обумовлюють максимальні хвилі в кожному місяці року. Для цього за даними спостережень за весь період для кожного місяця окремо розраховувались повторюваності вітру (у %) по 16 напрямках. Для ілюстрації на рис. 4.4 – 4.7 представлено графіки для січня, квітня, серпня і жовтня, які відображають різні сезони року. В січні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах переважно східного-північно-східного, північно-східного і східного напрямів, їх сумарна повторюваність досягає 54%. Іноді хвилі спостерігаються і при південно-східних і північно-західних вітрах, але-ж їх повторюваність значно менше і не перевищує 12%.

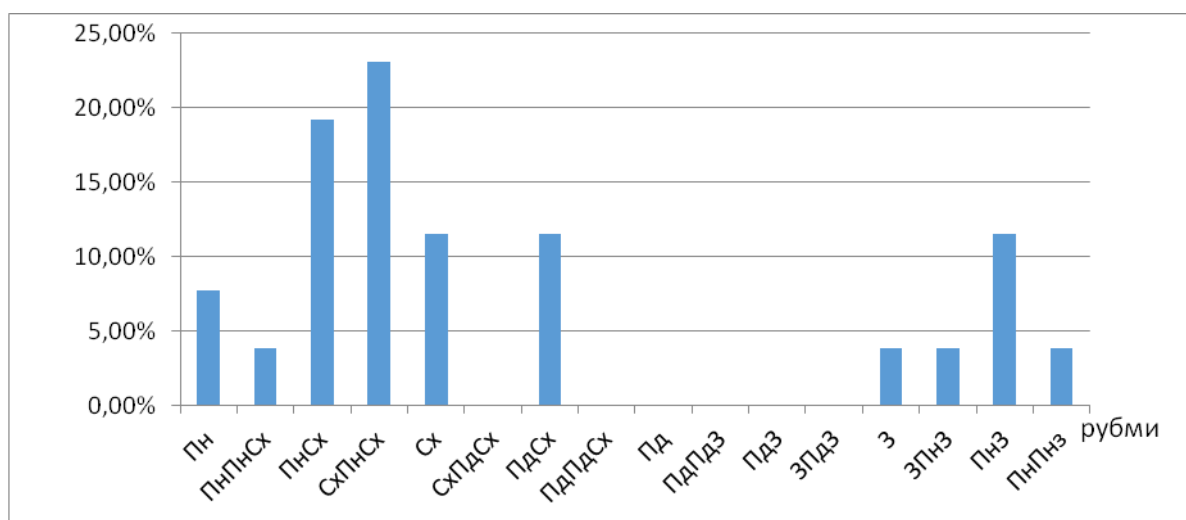


Рис. 4.4 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в січні

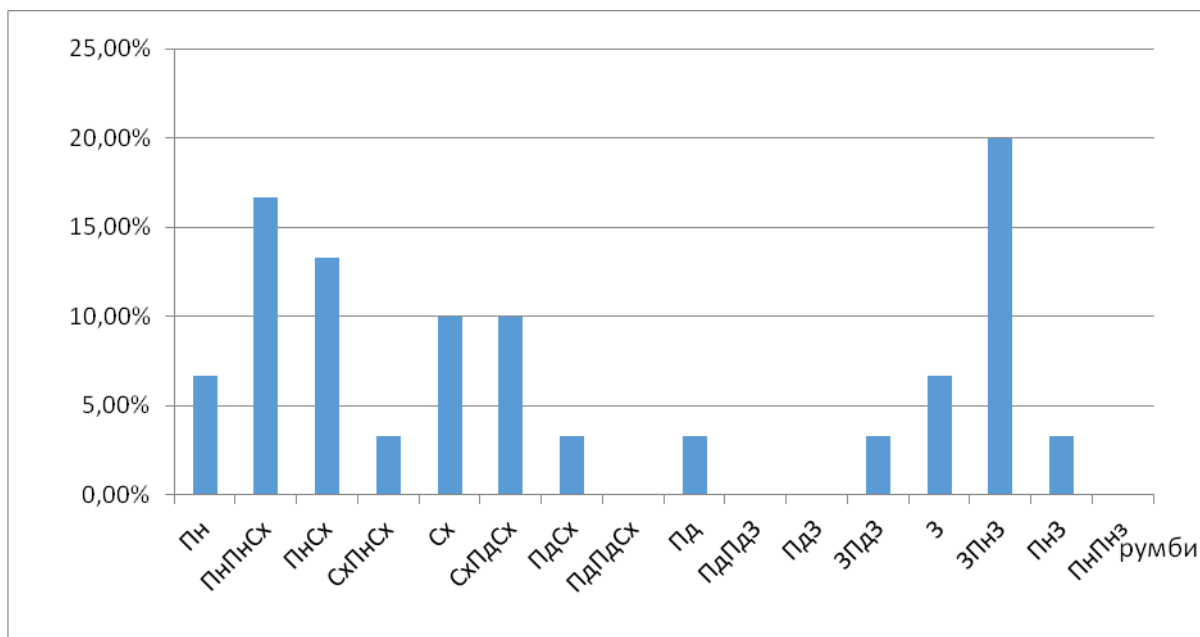


Рис.4.5 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в квітні

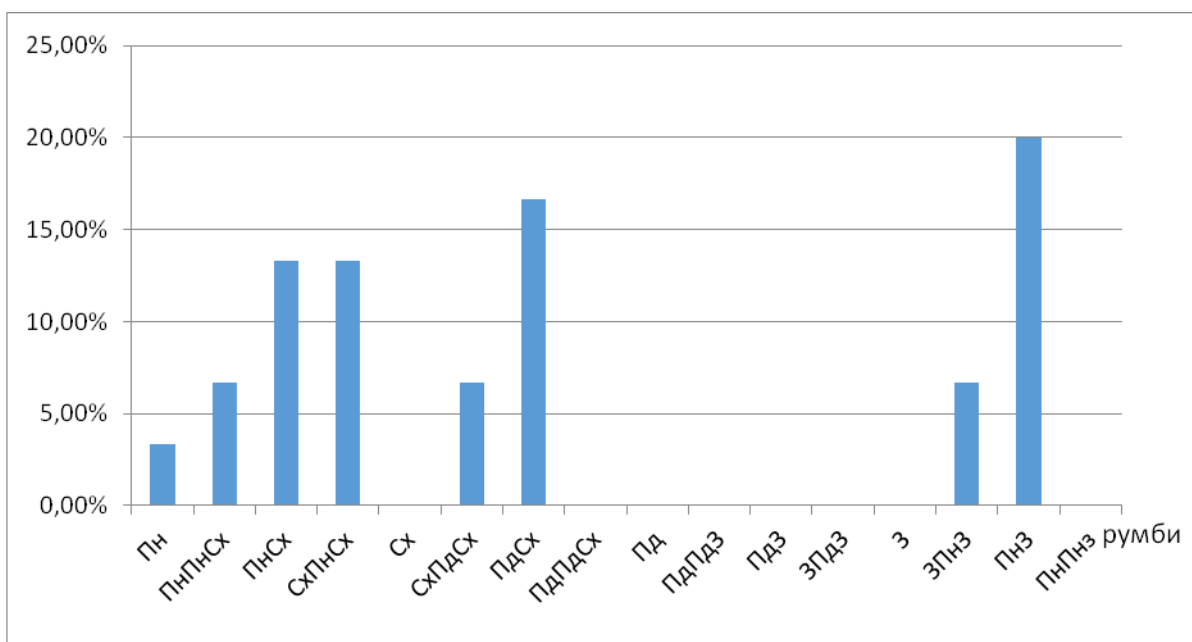


Рис. 4.6 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у серпні



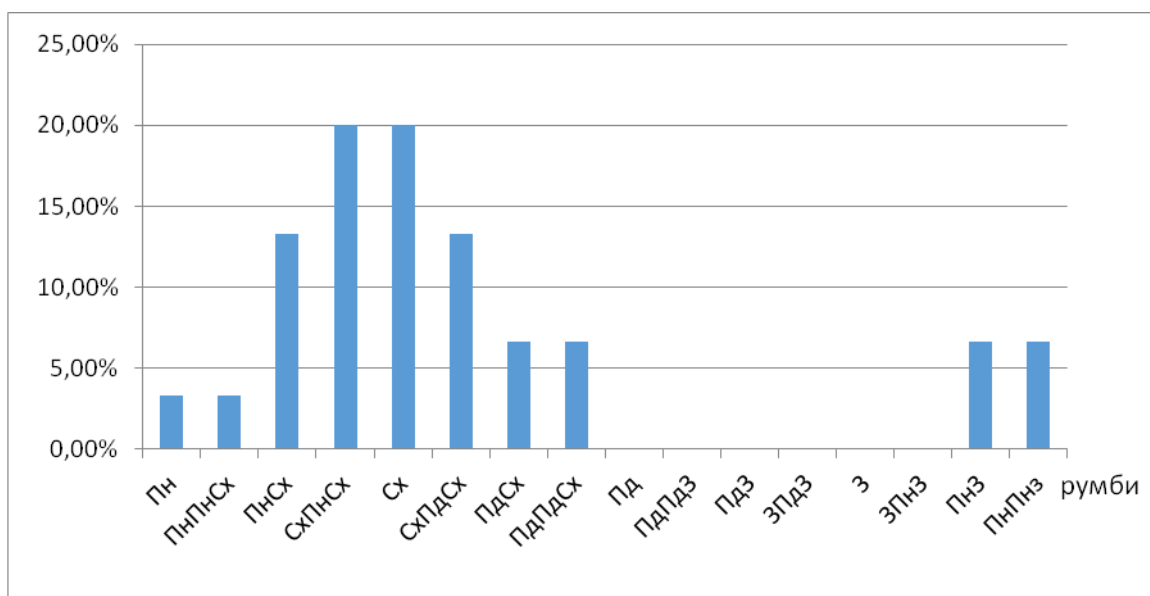


Рис. 4.7 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у жовтні

В квітні максимальні хвилі спостерігаються при напрямках вітру від північного до південно-східного ( всі 7 пів-румбів ), на їх долю сумарно припадає понад 61% випадків. Також є випадки утворення максимальних хвиль при західних, північно-західних вітрах, повторюваність яких складає 20%. В серпні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північного до південно-східного напрямів, повторюваність яких становить 58%, а в 20% випадків – при північно-західних вітрах. В жовтні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північного до південно-південно-східного ( 8 пів-румбів), а їх сумарна повторюваність є максимальною за рік і дорівнює 84%.

З аналізу екстремальних хвиль на узмор'ї Одеси можна зробити висновок, що за досліджуваній період екстремальні хвилі на узмор'ї Одеси спостерігаються не тільки в зимові місяці, але ж можуть бути в іншу пору року. Найбільші висоти хвиль спостерігались в січні 2006р. - 3,5 м, і в вересні 1996 р. - 3,3 м. Максимальні хвилі спостерігаються переважно при вітрах від північного до південно-східного напрямів, а їх сумарна повторюваність змінюється протягом року від 54% до 84%.

#### 4.2 Екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї порту Чорноморськ

На рис. 4.8 зображено графік середніх висот хвиль, розрахованих з максимальних значень за кожен місяць. Природно, що максимальні в річному

ході висоти хвиль спостерігаються в осінньо-зимовий період року, а мінімальні - в літні місяці. В січні висота хвиль досягає 1,5 м, а в липні лише 0,8м.

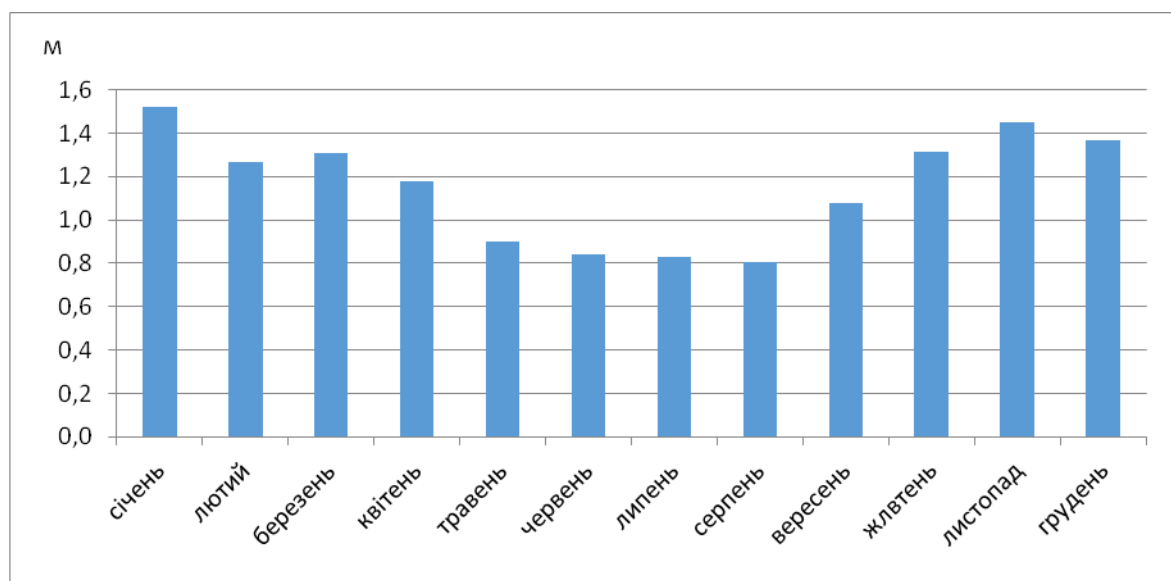


Рис.4.8 Графік річного ходу середніх з максимальних за кожен місяць висот хвиль на узмор'ї Чорноморська за період 1987-2016 рр.

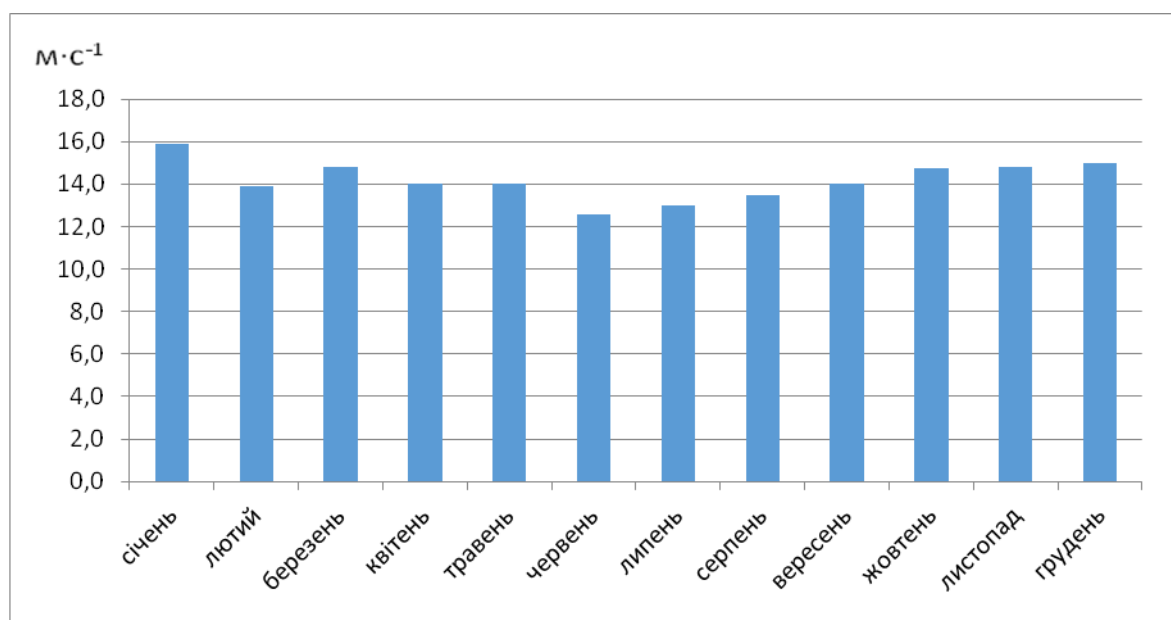


Рис. 4.9 Графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру на узмор'ї Чорноморська за період 1987-2016 рр.

На рис. 4.9 представлено графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру, яка спостерігалась підчас виникнення

максимальних висот хвиль. Максимальне значення швидкості вітру спостерігається у січні, листопаді та грудні і дорівнює  $15,7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а мінімальне значення у червні  $-12,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В таблиці 4.2 показані максимальні та мінімальні значення висот хвиль за кожен місяць року та їх дати за досліджуваний період. Мінімальні висоти хвиль в усі місяці року майже однакові та не перевищують 1м, а максимальні значення хвиль демонструють не тільки сезонну мінливість, а й деякі випадки значних висот хвиль в літні місяці. Наприклад, 24 вересня 1996 р. висота хвилі складала 2,6 м, в той час як найбільша за досліджуваний період висота хвиль була зафіксована 22 січня 1988 р. і дорівнювала 3,4 метра, тобто, і в літні місяці на узмор'ї Чорноморська можуть спостерігатися значні висоти хвиль.

Таблиця 4.2 Максимальні і мінімальні значення висот хвиль та їх дати на узмор'ї Чорноморська

Місяць	Максимальні значення	Мінімальні значення
Січень	3,4(22.01.1988)	0,6(4.01.1997)
Лютий	2(15.02.1993,5.02.2003)	0,8(26.02.1997)
Березень	2,1(14.03.1995,23.03.2007)	0,5(3.03.2016)
Квітень	2,6(12.04.1987)	0,5(5.04.2006,1.04.2007)
Травень	1,8(10.02.1993)	0,5(2.05.2013,1.05.2014)
Червень	1,8(12.06.1988)	0,5(2.06.2000,1.06.2013, 1.06.2015)
Липень	2(8.07.1988)	0,5(1.07.2001,4.07.2008, 11.06.2014)
Серпень	1,6(21.08.1987)	0,5(7.08.1991,2.08.2012, 2.08.2015)
Вересень	2,6(24.09.1996)	0,5(1.09.2012,4.09.2013)
Жовтень	2,3(38.10.1987)	0,7(2.10.2001,4.10.2006)
Листопад	2,6(10.11.1993)	0,5(3.11.2011)
Грудень	2,6(1.12.1993)	0,5(1.12.2015)

На рис. 4.10 представлено графік між річної мінливості максимальних значень висот хвиль на станції. Максимальні висоти хвиль, які перевищували значення 3м спостерігалися у 1988р., 1998р.. А 22-го січня 1988 р. висота хвиль досягала значення 3,4 м, що є стихійним гідрометеорологічним явищем для порту Чорноморськ. З графіку можна також помітити, що між річна мінливість максимальних висот хвиль відчуває період, близький до двох років, та демонструє негативний тренд.

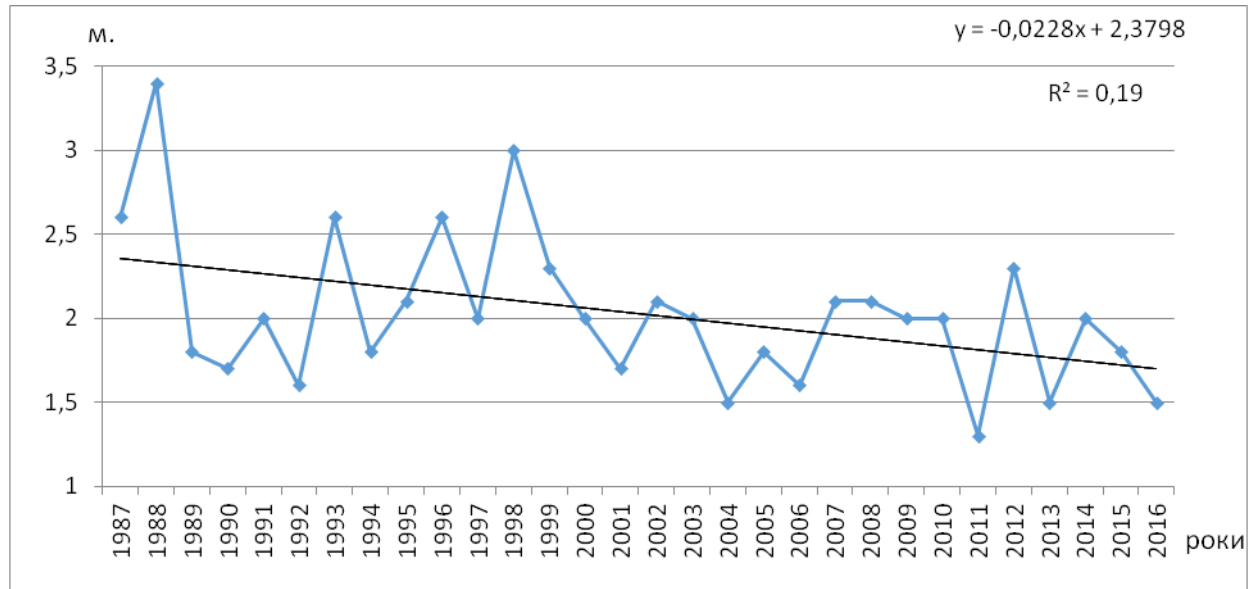


Рис. 4.10 Міжрічна мінливість максимальних значень висот хвиль на узмор'ї Чорноморська за період 1987-2016рр.

Також розглядалися напрями вітру, які обумовлюють максимальні хвилі в кожному місяці року. Для цього за даними спостережень за весь період для кожного місяця окремо розраховувались повторюваності вітру (у %) по 16 напрямках. Для ілюстрації на рис. 4.11 – 4.14 представлено графіки для січня, квітня, серпня і жовтня, які відображають різні сезони року. В січні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах переважно північного, північно-східного, східного-північно-східного напрямів, їх сумарна повторюваність досягає 55,12%. Іноді хвилі спостерігаються і при південно-східних і північно-західних вітрах, але-ж їх повторюваність значно менше і не перевищує 15%.

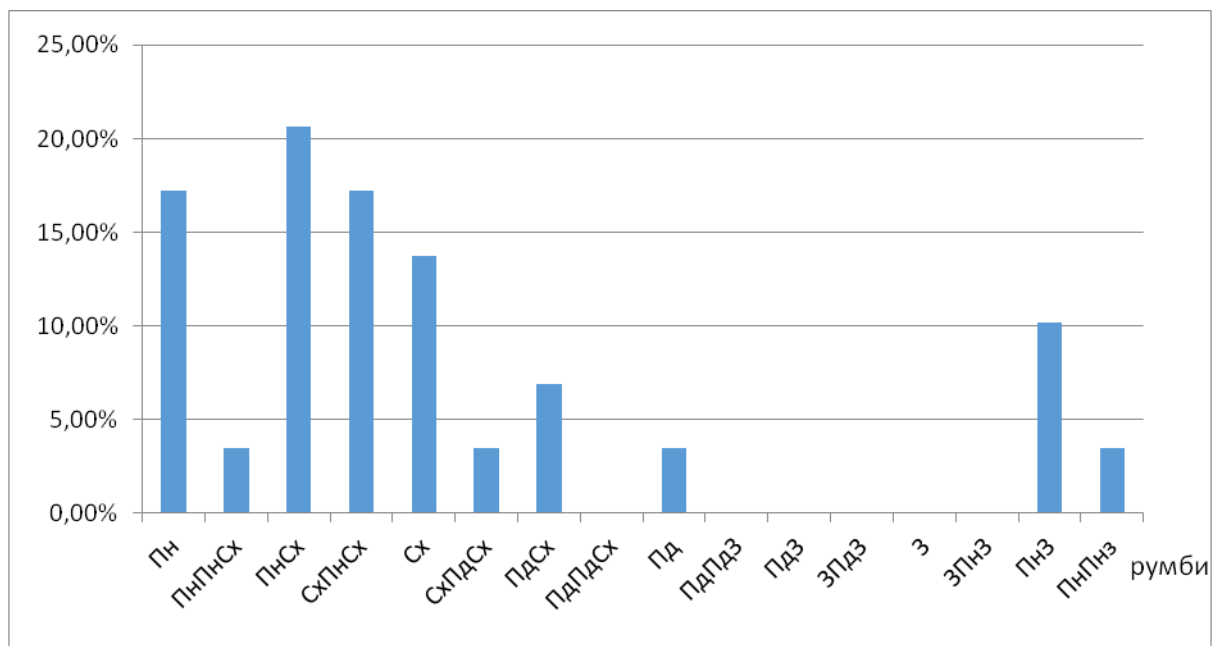


Рис. 4.11 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в січні

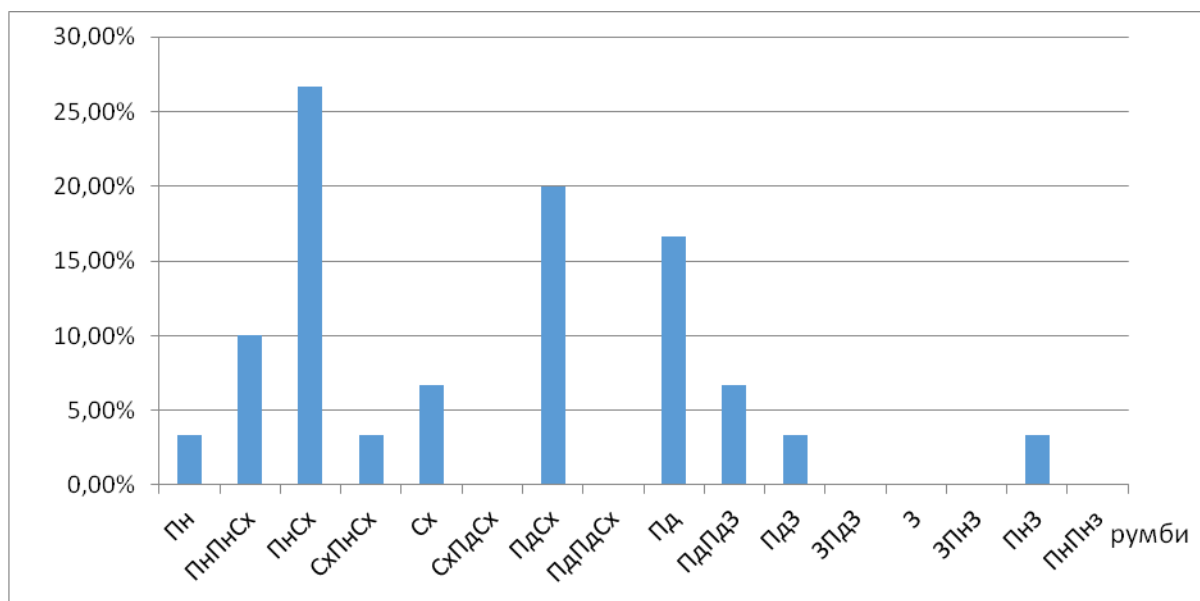


Рис.4.12 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в квітні

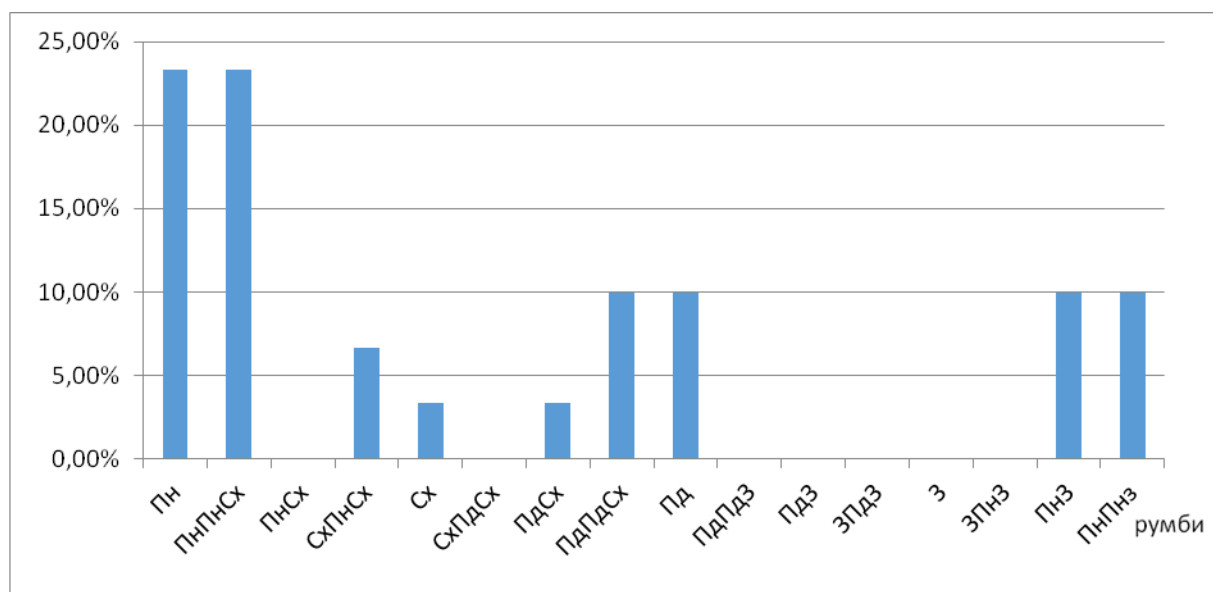


Рис. 4.13 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у серпні .

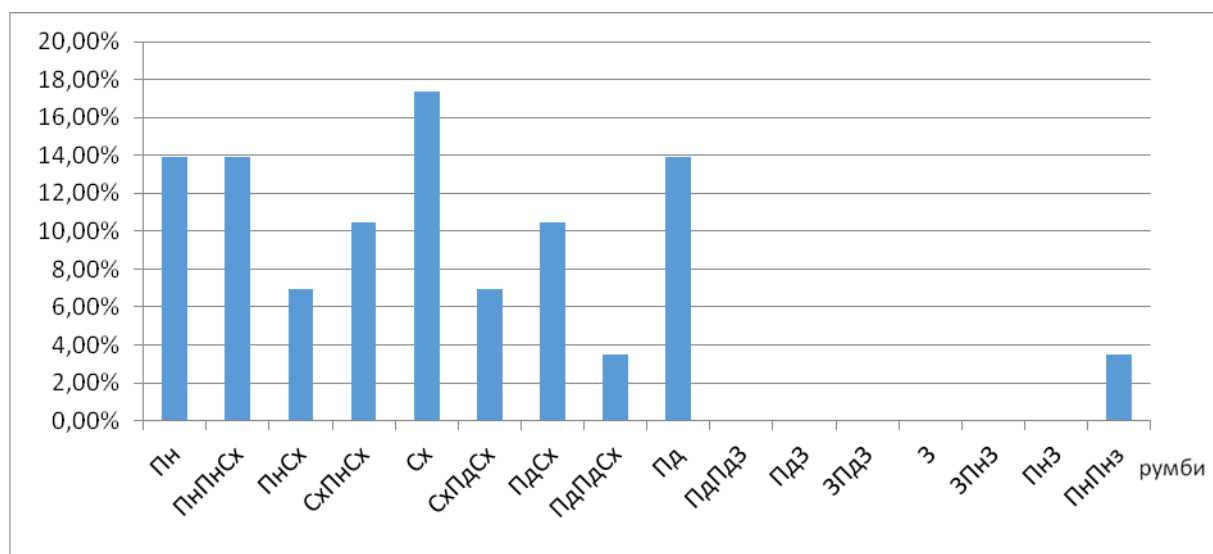


Рис. 4.14 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у жовтні

В квітні максимальні хвилі спостерігаються при північно-східному, південно-східному та південному напрямках вітру, на їх долю сумарно припадає понад 63% випадків. В серпні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північних румбів ( 7 пів-румбів), повторюваність яких становить 66,63%, а в 20% випадків – при східних-південно-східних та південно-східних вітрах. В жовтні максимальні хвилі

спостерігаються при вітрах від північного до південного ( 9 пів-румбів), а їх сумарна повторюваність є максимальною за рік і дорівнює 96,5%.

З аналізу екстремальних хвиль на узмор'ї Чорноморська можна зробити висновок, що за досліджуваній період екстремальні хвилі на узмор'ї Чорноморська спостерігаються не тільки в зимові місяці, але ж можуть бути в іншу пору року. Найбільші висоти хвиль спостерігались в січні 1988р. - 3,4 м. Максимальні хвилі спостерігаються переважно при вітрах від північного до південного напрямів, а їх сумарна повторюваність змінюється протягом року від 55% до 97%.

#### 4.3 Екстремальні вітрові хвилі у бухті порту Чорноморськ

На рис. 4.15 зображено графік середніх висот хвиль, розрахованих з максимальних значень за кожен місяць. Максимальні в річному ході висоти хвиль за весь рік не перевищують 1м, найбільші висоти хвиль у листопаді.

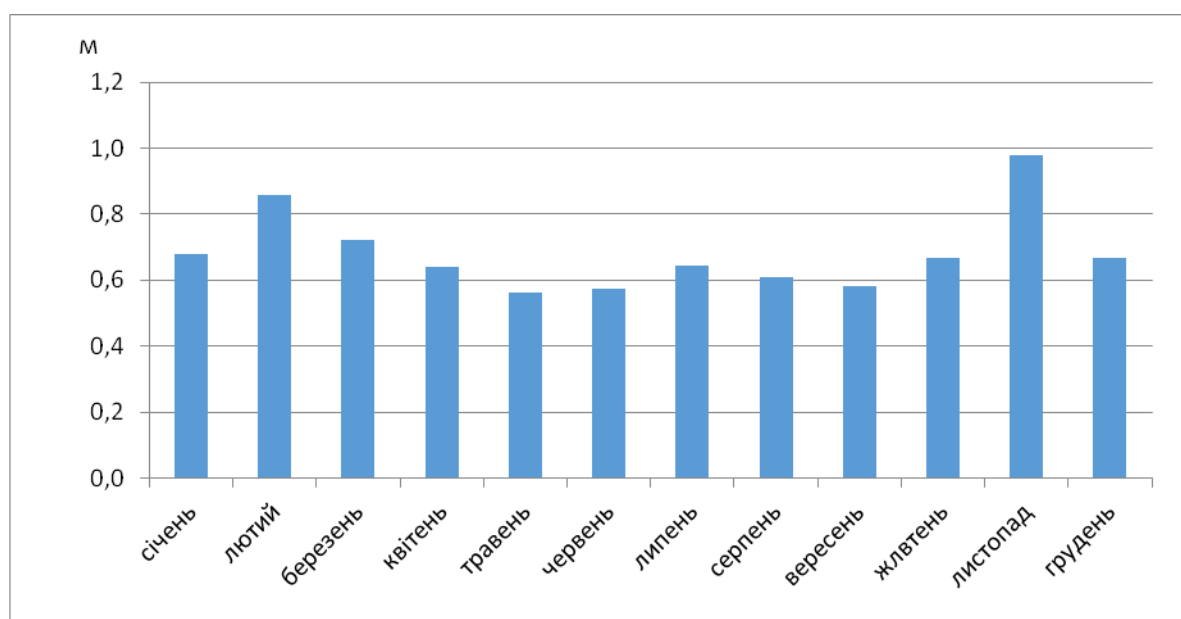


Рис.4.16 Графік річного ходу середніх з максимальних за кожен місяць висот хвиль у бухті Чорноморська за період 1987-2016 рр.

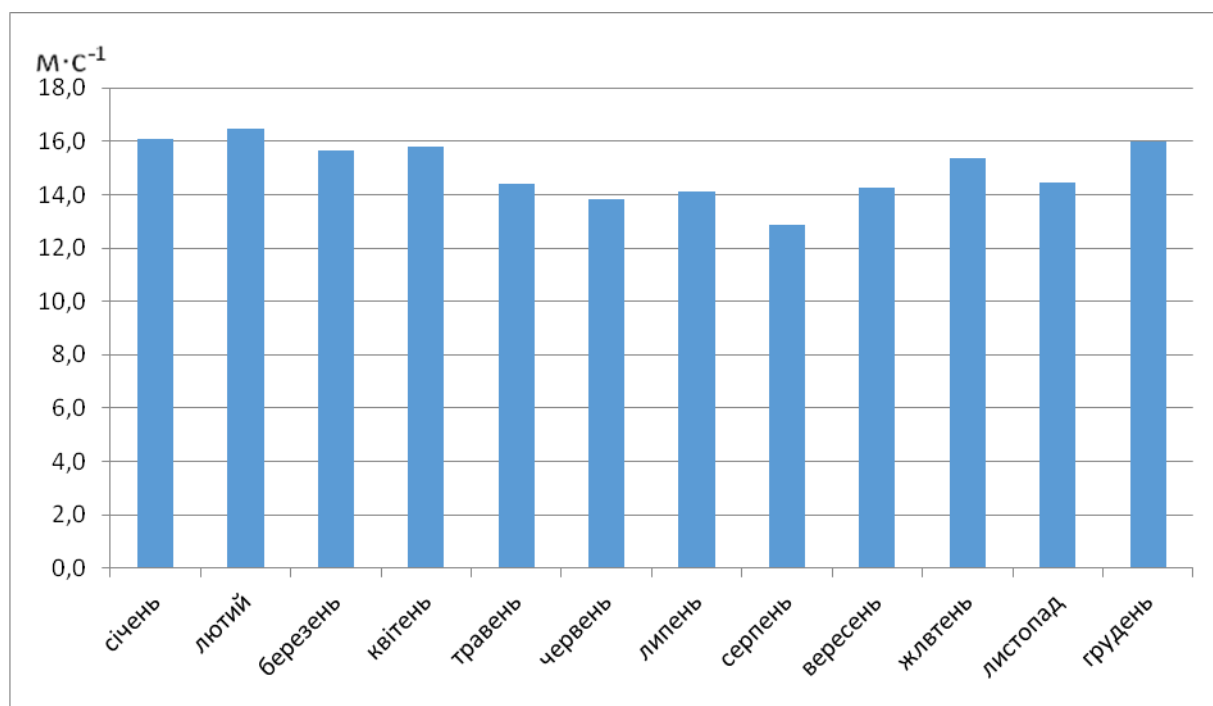


Рис. 4.17 Графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру у бухті Чорноморська за період 1987-2016 рр.

На рис. 4.17 представлено графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру, яка спостерігалась під час виникнення максимальних висот хвиль. Максимальне значення швидкості вітру спостерігається у лютому і дорівнює  $16,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а мінімальне значення у серпні  $12,9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В таблиці 4.3 показані максимальні та мінімальні значення висот хвиль за кожен місяць року та їх дати за досліджуваний період. Мінімальні висоти хвиль в усі місяці року майже однакові та не перевищують 0,5 м, а максимальні значення хвиль не перевищують 1,5 м. Найбільша за досліджуваний період висота хвиль була зафіксована 13 листопада 1994 року. Ї дорівнювала 1,5 метра.



Таблиця 4.3 Максимальні і мінімальні значення висот хвиль та їх дати у бухті Чорноморська

Місяць	Максимальні значення	Мінімальні значення
Січень	1(27.01.1988,27.01.2008,8.01.2016)	0,5(4.01.1995)
Лютий	1,3(21.02.1988)	0,3(1.02.1991)
Березень	1,4(5.03.1990)	0,5(26.03.1991)
Квітень	1(19.04.1987,8.04.2015)	0,3(1.04.1999,3.04.2014)
Травень	1(8.05.1987)	0,3(12.05.1998,4.05.2010, 5.05.2014)
Червень	1(27.06.2015)	0,3(5.06.1993,2.06.2008)
Липень	1,4(18.07.1988)	0,3(4.07.1993,2.07.2015)
Серпень	1,2(7.08.1993)	0,3(6.08.1992,11.08.2015)
Вересень	1,3(21.09.1987)	0,3(4.09.1990,2.09.1991)
Жовтень	1(8.10.2012,12.10.2015)	0,5(9.10.1990)
Листопад	1,5(13.11.1994)	0,2(1.11.1989)
Грудень	1(29.12.1987,29.12.1988)	0,3(5.12.1995)

На рис. 4.18 представлено графік між річної мінливості максимальних значень висот хвиль на станції. Максимальна висота хвиль, які перевищували значення 1,5м спостерігалися в 1994. З графіку можна також помітити, що між річна мінливість максимальних висот хвиль за останнє десятиріччя не перевищує 1 метра і також як і на узмор'ї в між річній мінливості спостерігається негативний тренд.

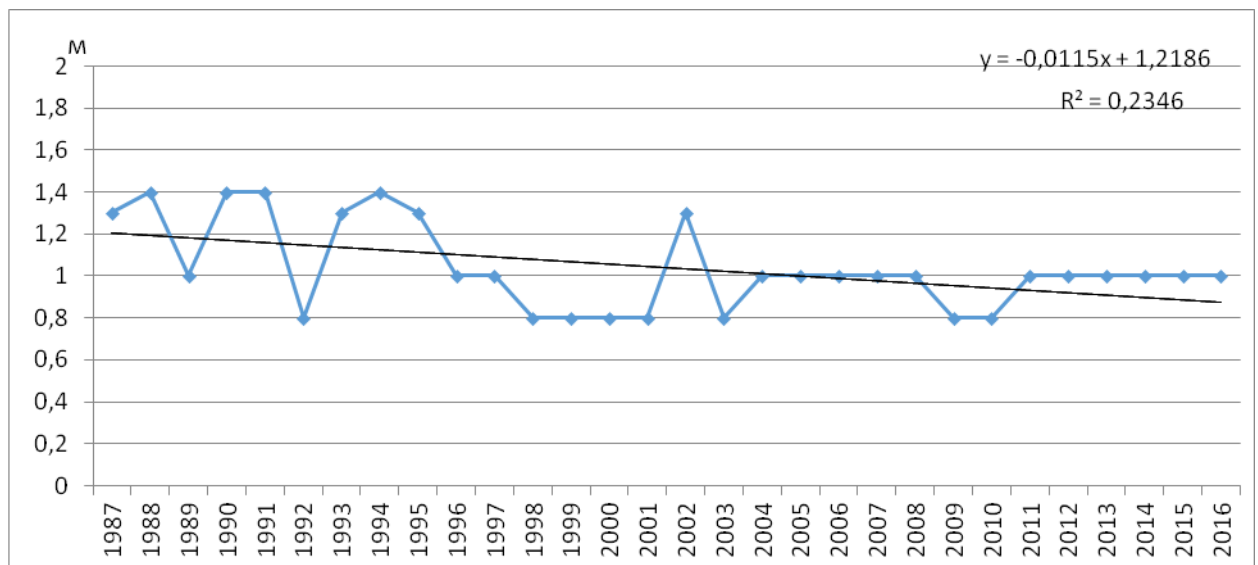


Рис. 4.18 Міжрічна мінливість максимальних значень висот хвиль у бухті Чорноморська за період 1987-2016рр.

Також розглядилися напрями вітру, які обумовлюють максимальні хвилі в кожному місяці року. Для цього за даними спостережень за весь період для кожного місяця окремо розраховувались повторюваності вітру (у %) по 16 напрямках. Для ілюстрації на рис. 4.19 – 4.22 представлено графіки для січня, квітня, серпня і жовтня, які відображають різні сезони року.

В січні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах переважно північно-східного,східного-північно-східного,східного,південно-східного напрямів, їх сумарна повторюваність досягає 65,24%. Іноді хвилі спостерігаються і при північно-західних вітрах, але-ж їх повторюваність значно менше і не перевищує 15%.

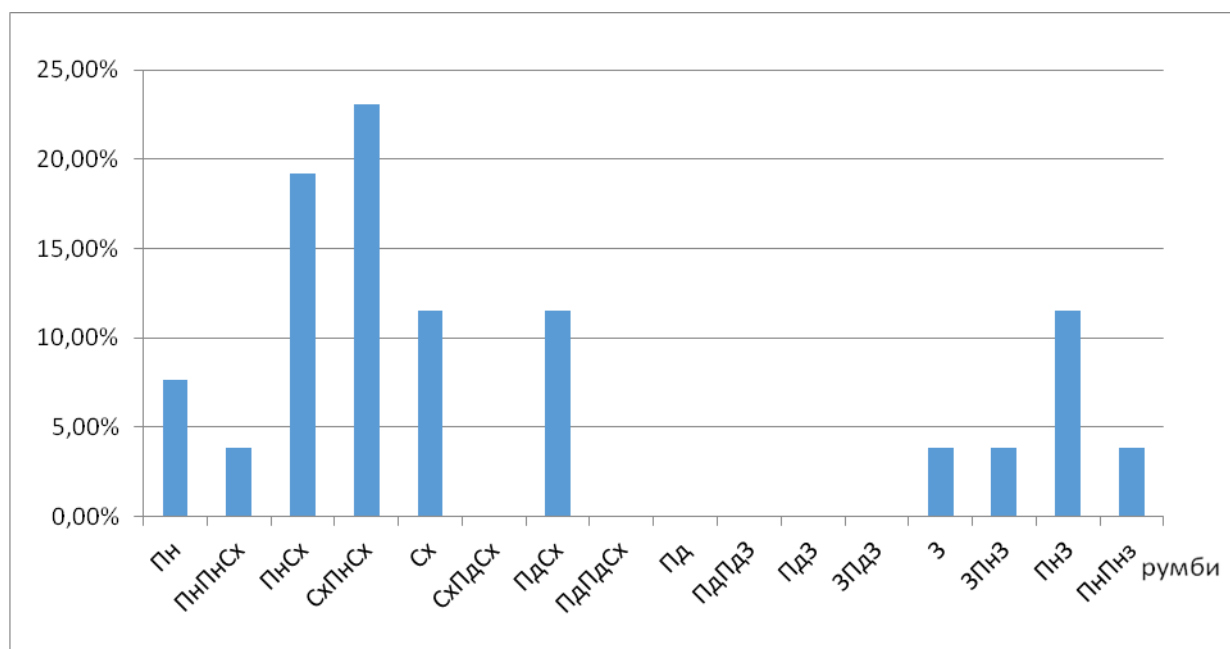


Рис. 4.19 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в січні

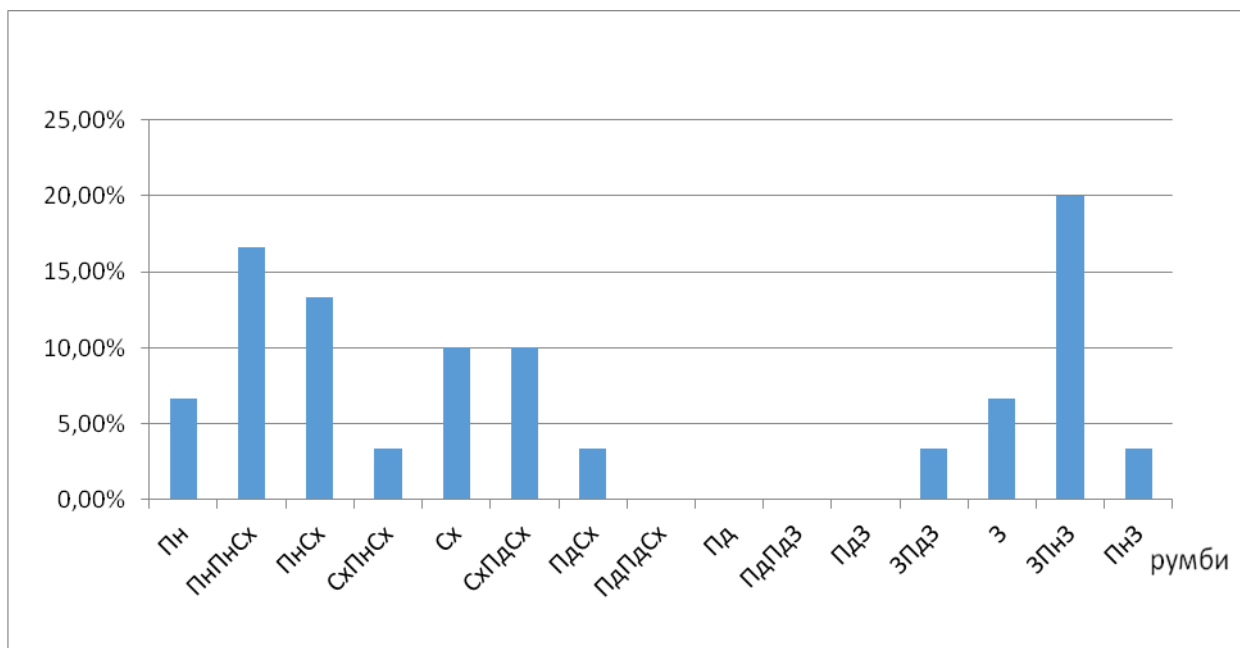


Рис.4.20 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в квітні

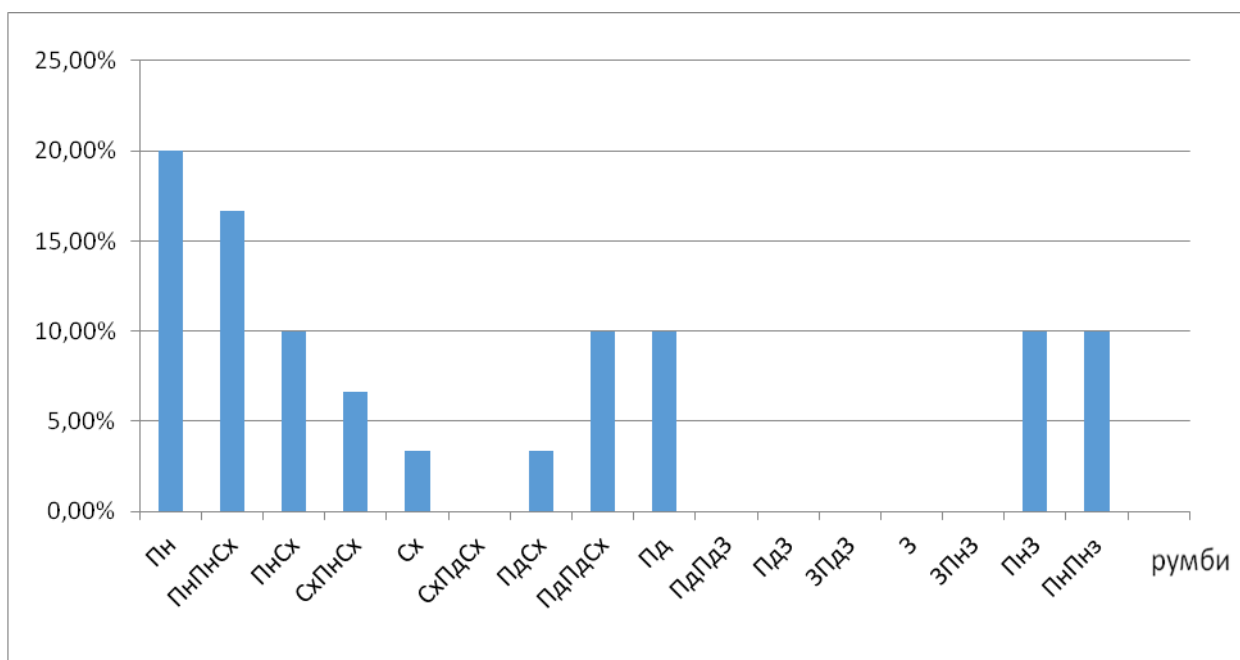


Рис. 4.21 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у серпні .

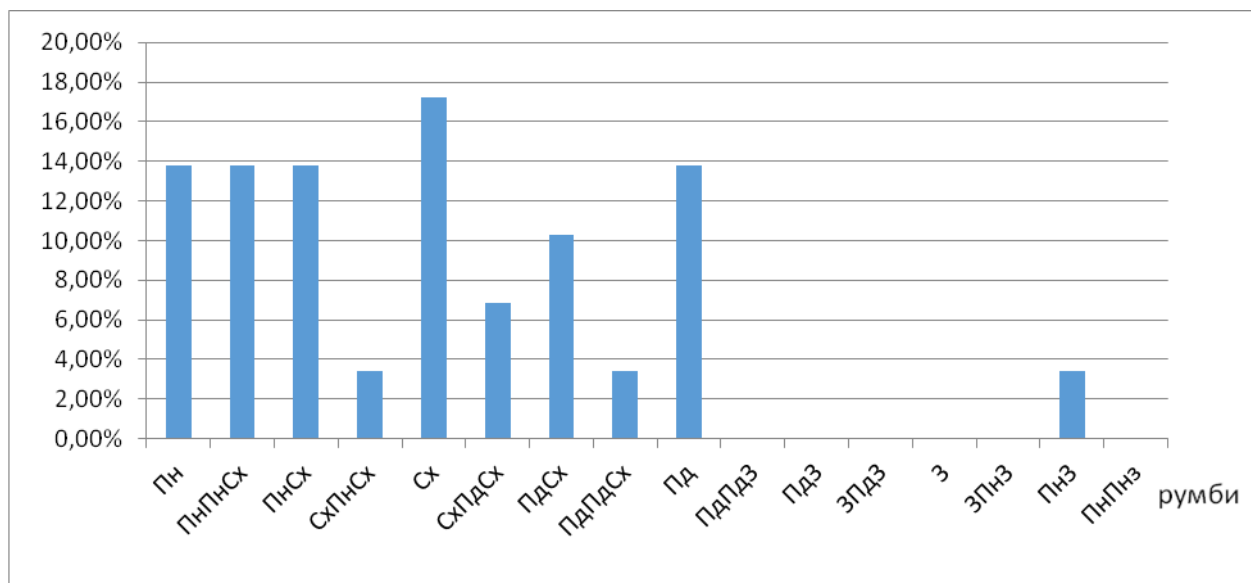


Рис. 4.22 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у жовтні

В квітні максимальні хвилі спостерігаються при північно-східному, східному-північно-східному та південно-західному напрямках вітру, на їх долю сумарно припадає понад 49,9% випадків. В серпні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах північних румбів (7 пів-румбів), повторюваність яких становить 66,63%, а в 20% випадків – при східних-південно-східних та південно-східних вітрах. В жовтні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північного до південного (9 пів-румбів), а їх сумарна повторюваність є максимальною за рік і дорівнює 96,5%.

З аналізу екстремальних хвиль у бухті Чорноморська можна зробити висновок, що за досліджуваний період екстремальні хвилі у бухті Чорноморська не спостерігаються. Найбільші висоти хвиль спостерігались в листопаді 1994. - 1,5 м. Максимальні хвилі спостерігаються переважно при вітрах від північного до південного напрямів, а їх сумарна повторюваність змінюється протягом року від 49% до 97%.

#### 4.4 Екстремальні вітрові хвилі на узмор'ї порту Южний

На рис. 4.23 зображено графік середніх висот хвиль, розрахованих з максимальних значень за кожен місяць. Природно, що максимальні в річному ході висоти хвиль спостерігаються в осінньо-зимовий період року, а мінімальні – в літні місяці. В листопаді висота хвиль досягає 1.9 м, а в липні лише 1,1м.

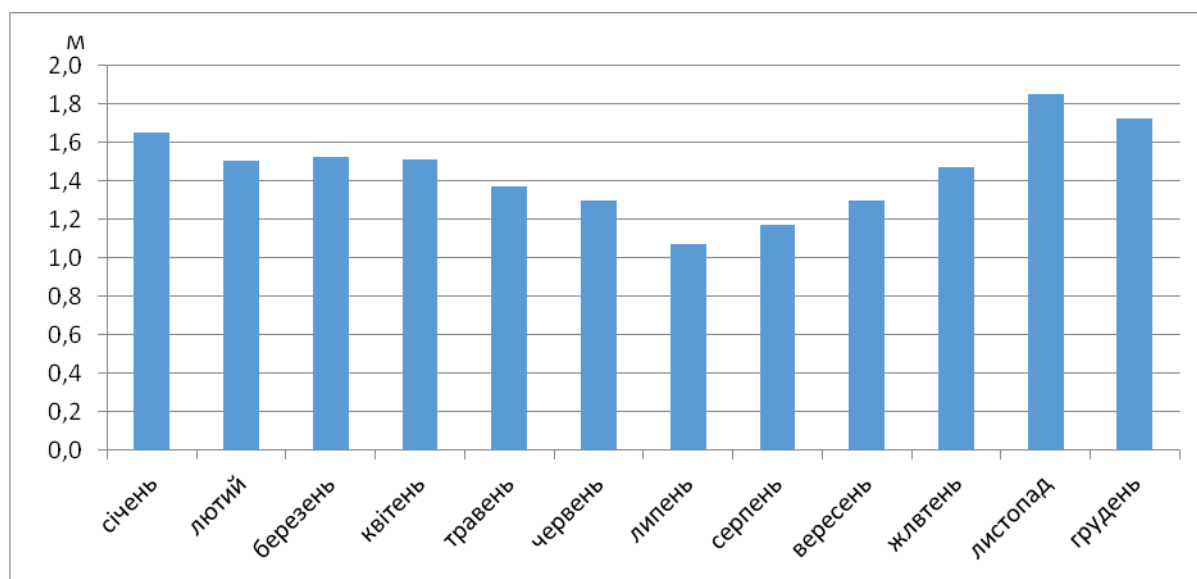


Рис.4.23 Графік річного ходу середніх з максимальних за кожен місяць висот хвиль на узмор'ї Южного за період 1987-2016 рр.

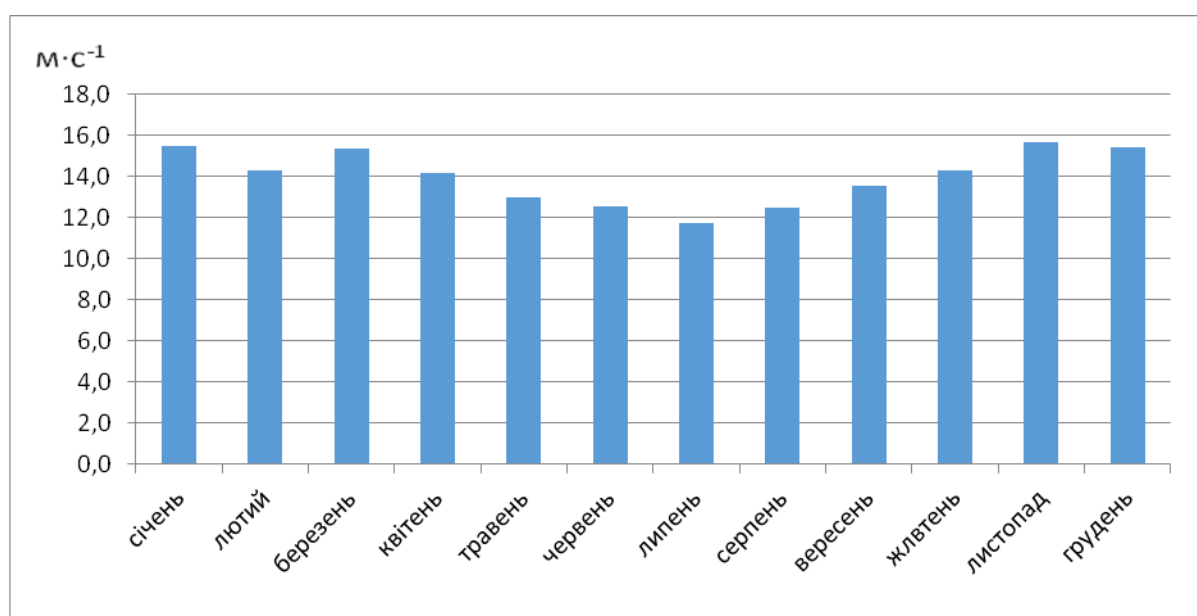


Рис. 4.24 Графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру на узмор'ї Южного за період 1987-2016 рр.

На рис. 4.24 представлено графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру, яка спостерігалась підчас виникнення максимальних висот хвиль. Максимальне значення швидкості вітру спостерігається у листопаді і дорівнює  $15,7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а мінімальне значення у липні- $11,7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В таблиці 4.4 показані максимальні та мінімальні значення висот хвиль за кожен місяць року та їх дати за досліджуваний період. Мінімальні висоти хвиль в усі місяці року майже однакові та не перевищують 1м, а максимальні значення хвиль демонструють не тільки сезонну мінливість, а й деякі випадки значних висот хвиль в літні місяці. Наприклад, 23 жовтня 2007 р. висота хвилі складала 2,5 м, в той час як найбільша за досліджуваний період висота хвиль була зафіксована 2 листопада 1988 р. та 23 березня 2007р. і дорівнювала 3 метра, тобто, і в літні місяці на узмор'ї Чорноморська можуть спостерігатися значні висоти хвиль.

Таблиця 4.4 Максимальні і мінімальні значення висот хвиль та їх дати на узмор'ї Южного

Місяць	Максимальні значення	Мінімальні значення
Січень	2,5(6.01.2010,31.01.2015)	0,8
Лютий	2,5(4.02.2009)	0,5
Березень	3(23.03.2007)	0,8
Квітень	2(7.04.1994)	1
Травень	2,5(6.05.2004)	0,8
Червень	2(7.06.2009)	0,8
Липень	2(9.07.2000)	0,5
Серпень	2(28.01.2010)	0,5
Вересень	2(13.09.1996)	0,8
Жовтень	2,5(23.10.2007)	0,8
Листопад	3(2.11.2012)	1
Грудень	2,5(3.12.2012)	1

На рис. 4.25 представлено графік між річної мінливості максимальних значень висот хвиль на станції Южний. Максимальні висоти хвиль, які перевищували значення 3м спостерігалися у 2007р. і 2012р.. З графіку можна також помітити, що між річна мінливість максимальних висот хвиль відчуває період, близький до двох років, та позитивний тренд.

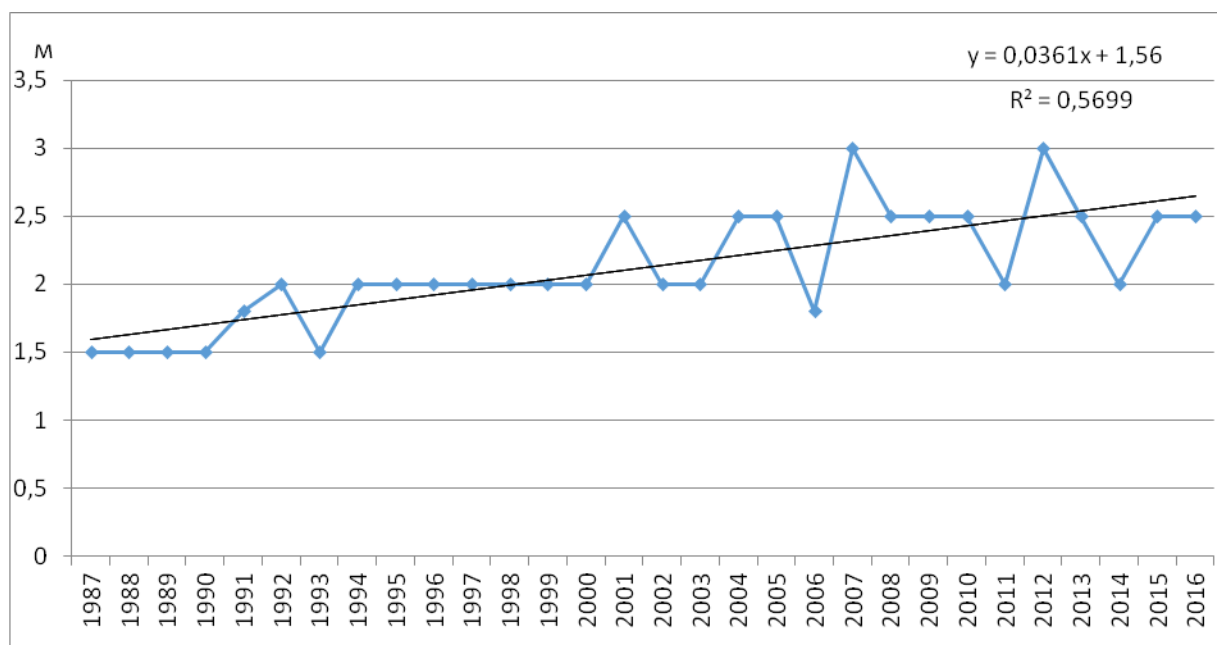


Рис. 4.25 Міжрічна мінливість максимальних значень висот хвиль на узмор'ї Южного за період 1987-2016рр.

Також розглядалися напрями вітру, які обумовлюють максимальні хвилі в кожному місяці року. Для цього за даними спостережень за весь період для кожного місяця окремо розраховувались повторюваності вітру (у %) по 16 напрямках. Для ілюстрації на рис. 4.26 – 4.29 представлено графіки для січня, квітня, серпня і жовтня, які відображають різні сезони року.

В січні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північно-східного до південно-західного напрямів, їх сумарна повторюваність досягає 82,11%. Іноді хвилі спостерігаються і при західних-північно-західних вітрах, але-ж їх повторюваність значно менше і не перевищує 15%.

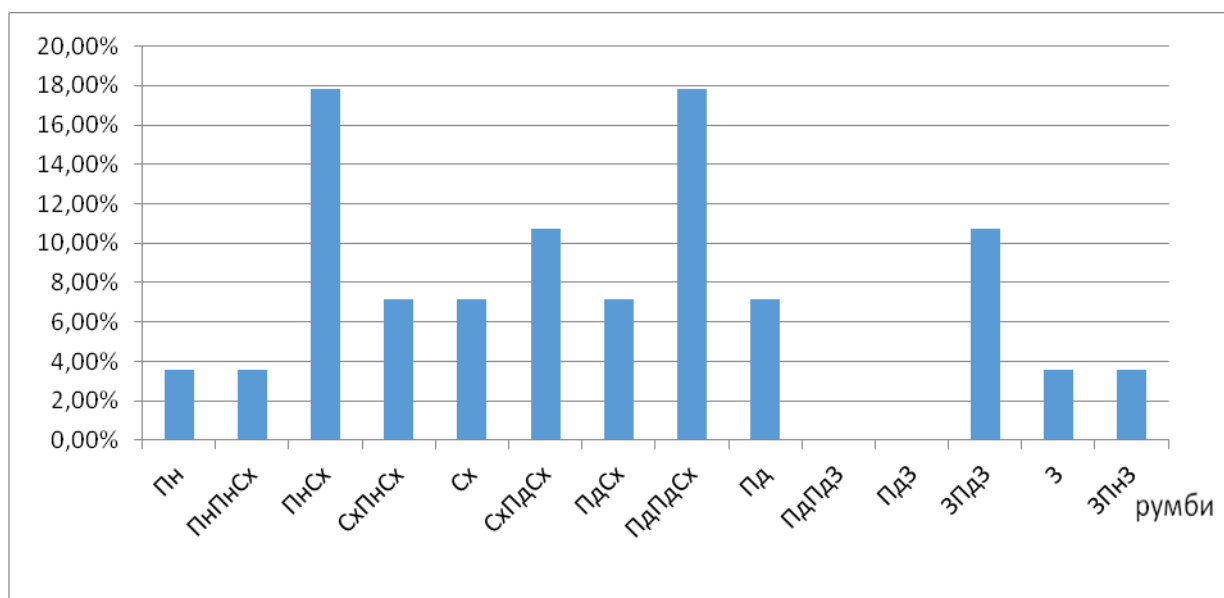


Рис. 4.26 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в січні

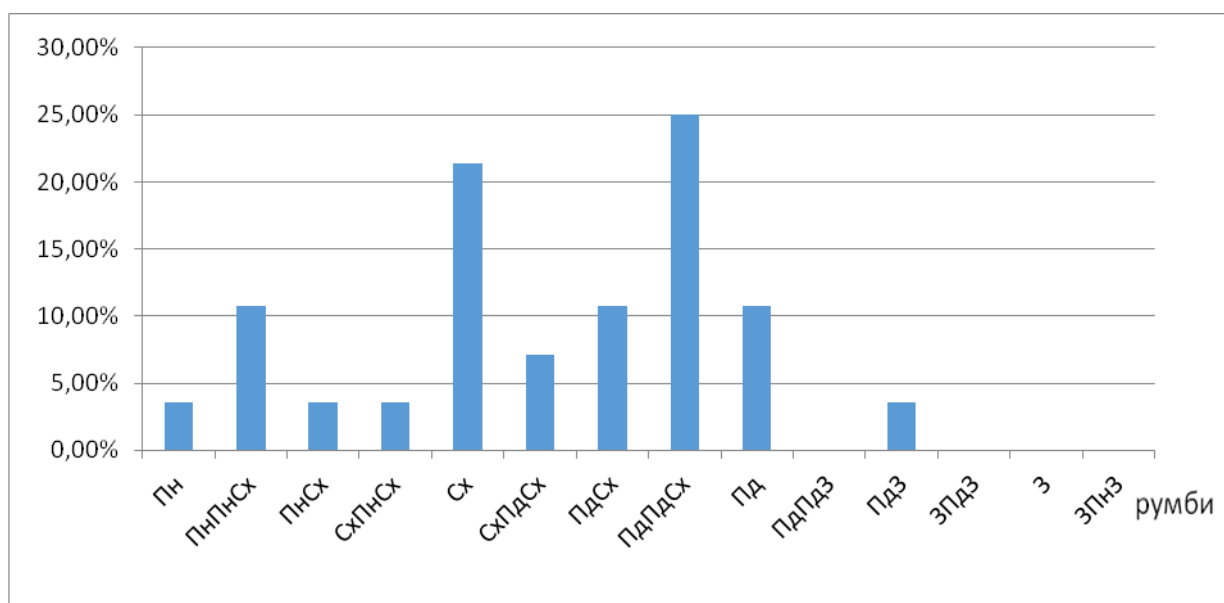


Рис.4.27 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в квітні



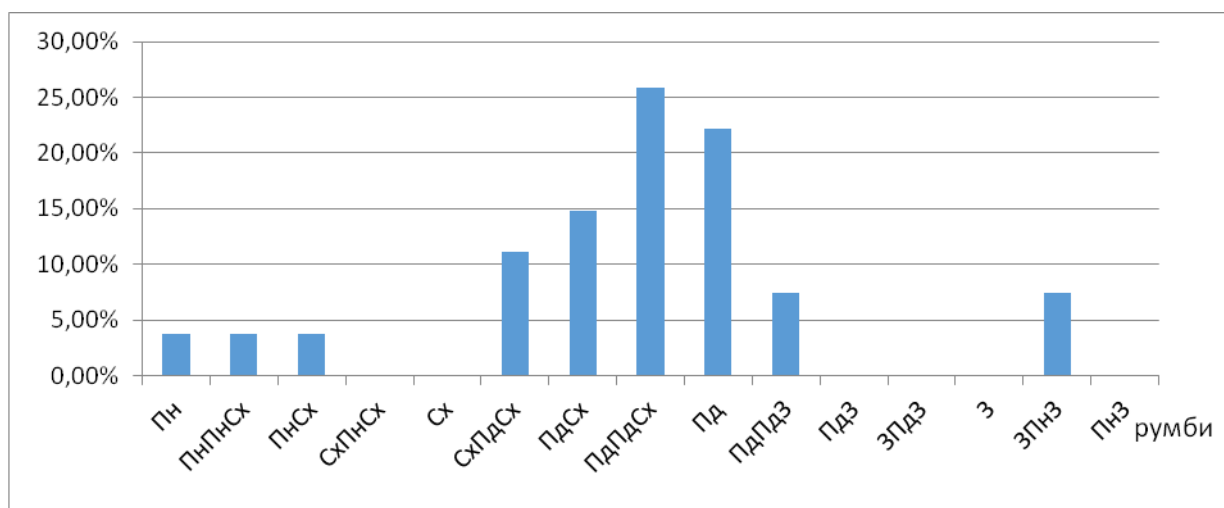


Рис. 4.28 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у серпні .

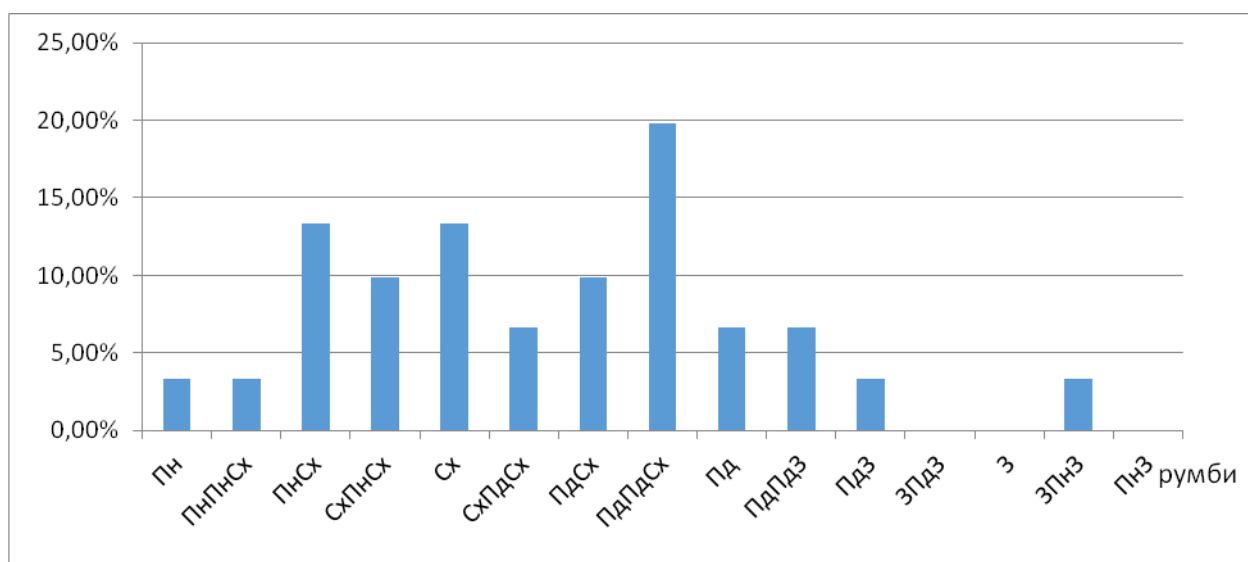


Рис. 4.29 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у жовтні

В квітні максимальні хвилі спостерігаються від північно-східного до південно-західного напрямках вітру, на їх долю сумарно припадає понад 96% випадків.

В серпні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах південного, південно-південно-західного та південно-південно-східного напрямків повторюваність яких становить 62,9%.

В жовтні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північно-північно-східного до західного-південно-західного(11 пів-румбів), а їх сумарна повторюваність є максимальною за рік і дорівнює 96,02%.

З аналізу екстремальних хвиль на узмор'ї Южного можна зробити висновок, що за досліджуваний період екстремальні хвилі на узмор'ї Южного не спостерігаються. Найбільші висоти хвиль спостерігались в листопаді 2012р. та в вересні 2007 – 3 м. Максимальні хвилі спостерігаються переважно при вітрах від північно-східного до південно-західного напрямів, а їх сумарна повторюваність змінюється протягом року від 62% до 97%.

#### 4.5 Екстремальні вітрові хвилі у бухті порту Южний

На рис. 4.30 зображено графік середніх висот хвиль, розрахованих з максимальних значень за кожен місяць. За весь період року середні висоти хвиль не перевищують 1м.. В березні висота хвиль досягає 0.9 м, а в червні лише 0,6м.

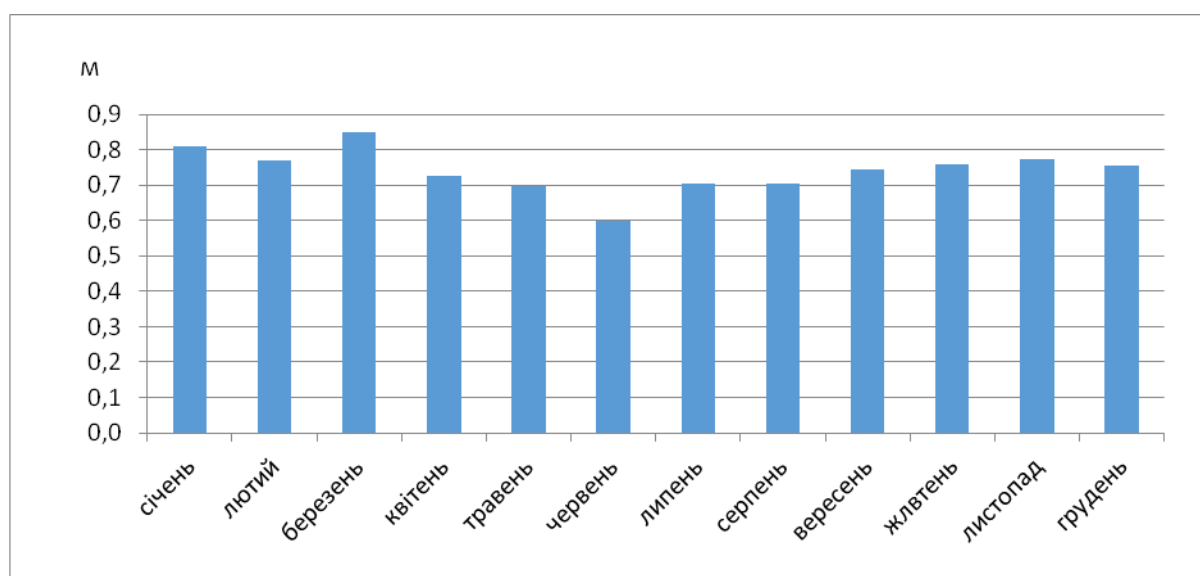


Рис.4.30 Графік річного ходу середніх з максимальних за кожен місяць висот хвиль у бухті Южного за період 1987-2016 рр.

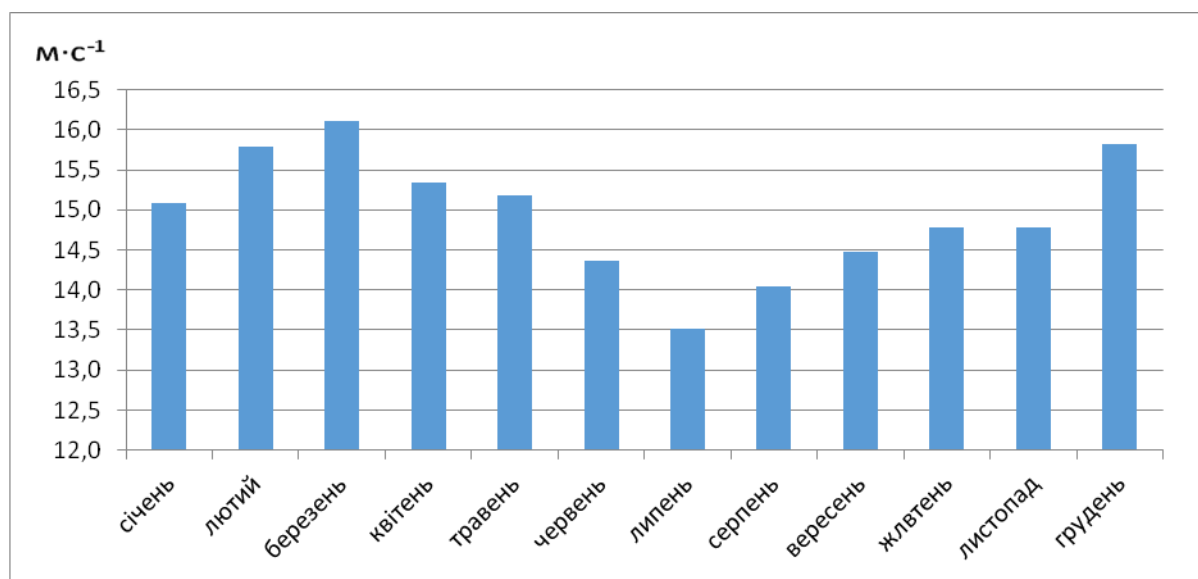


Рис. 4.31 Графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру у бухті Южного за період 1987-2016 рр.

На рис.4.31 представлено графік річного ходу середніх значень з максимальної швидкості вітру, яка спостерігалась під час виникнення максимальних висот хвиль. Максимальне значення швидкості вітру спостерігається у березні і дорівнює  $16,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а мінімальне значення у липні-  $13,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В таблиці 4.5 показані максимальні та мінімальні значення висот хвиль за кожен місяць року та їх дати за досліджуваний період. Мінімальні висоти хвиль в усі місяці року майже однакові та не перевищують  $0,5\text{м}$ , а максимальні значення хвиль демонструють не тільки сезонну мінливість, а й деякі випадки значних висот хвиль в літні місяці. Наприклад, 28 липня 2005 р. висота хвилі складала  $2 \text{ м}$ . Це одна з найбільших зафіксованих хвиль, також хвилі висотою  $2 \text{ м}$ . були зафіксовані 11 вересня 1993 та 4 березня 2002

Таблиця 4.5 Максимальні і мінімальні значення висот хвиль та їх дати у бухті Южного

Місяць	Максимальні значення	Мінімальні значення
Січень	1,3(12.01.1991)	0,3
Лютий	1(28.02.1999)	0,5
Березень	2(4.03.2002)	0,5
Квітень	1(17.04.2008)	0,3
Травень	1,9(20.05.1989)	0,3
Червень	1(19.06.2016)	0,3
Липень	2(28.07.2005)	0,3
Серпень	1(5.08.1996)	0,3
Вересень	2(11.09.1993)	0,3
Жовтень	1(14.10.2011)	0,3
Листопад	1(21.11.2003)	0,3
Грудень	1(12.12.2005)	0,5

На рис. 4.32 представлено графік між річної мінливості максимальних значень висот хвиль на станції. Максимальні висоти хвиль, які дорівнювали 2м спостерігалися у 1993р.,2002р. та 2006р.. З графіку можна також помітити, що між річна мінливість максимальних висот хвиль з 2006 року не перевищує 1 м..

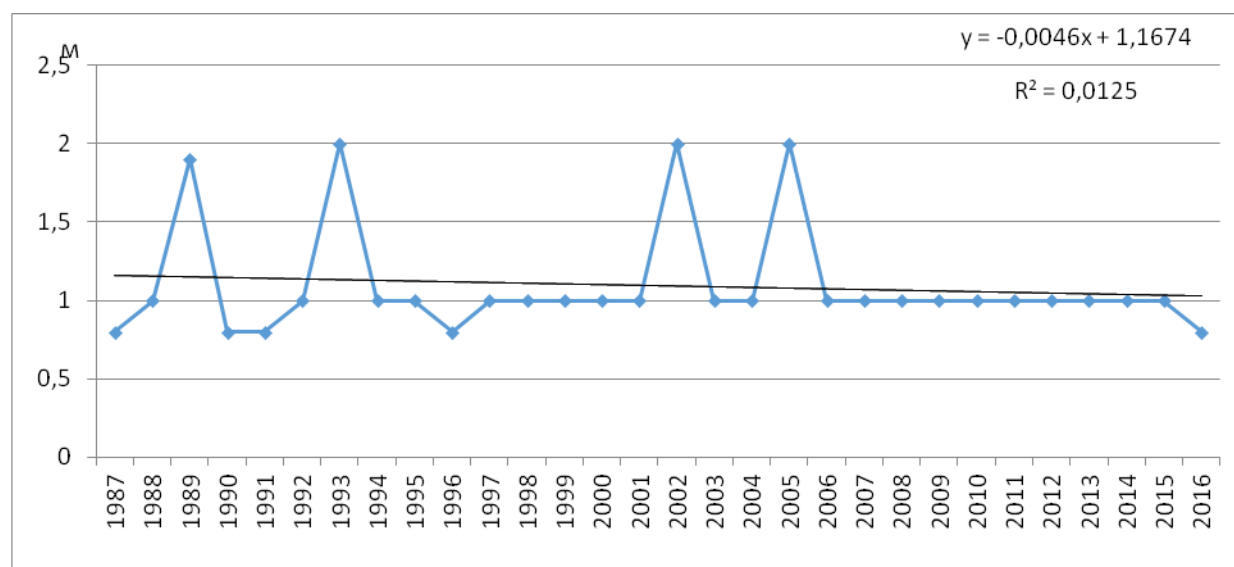


Рис. 4.32 Міжрічна мінливість максимальних значень висот хвиль на у бухті Южного за період 1987-2016рр.

Також розглядалися напрями вітру, які обумовлюють максимальні хвилі в кожному місяці року. Для цього за даними спостережень за весь період для кожного місяця окремо розраховувались повторюваності вітру (у %) по 16 напрямках. Для ілюстрації на рис. 4.33 – 4.36 представлено графіки для січня, квітня, серпня і жовтня, які відображають різні сезони року. В січні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від західно-північно-західного до північно-східного, їх сумарна повторюваність досягає 85,10%.

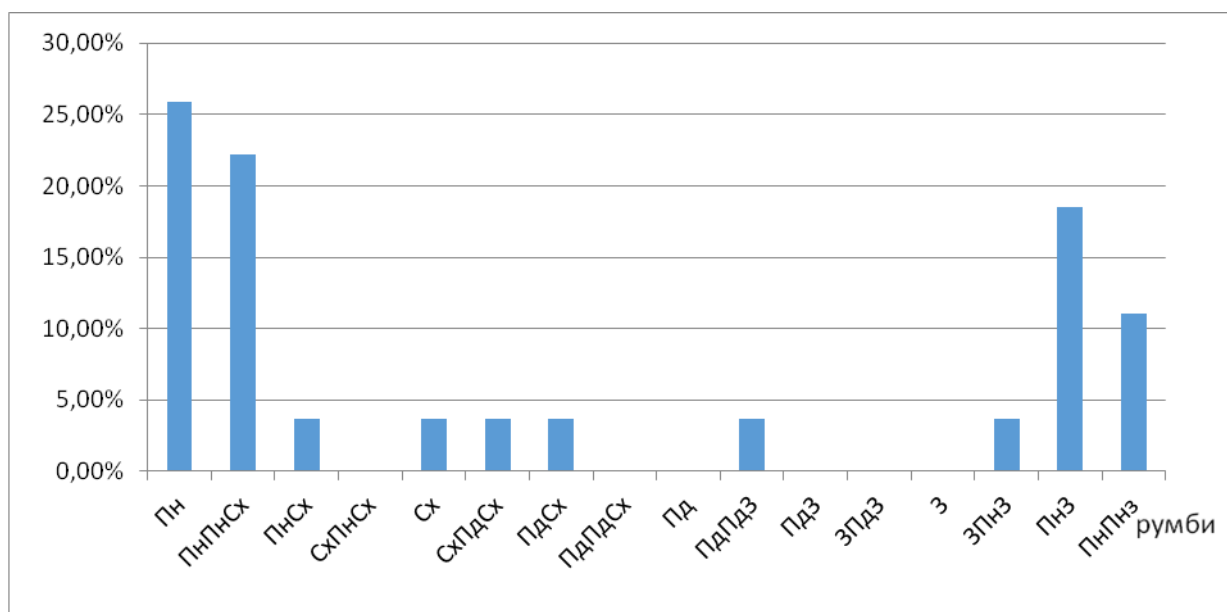


Рис. 4.33 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в січні

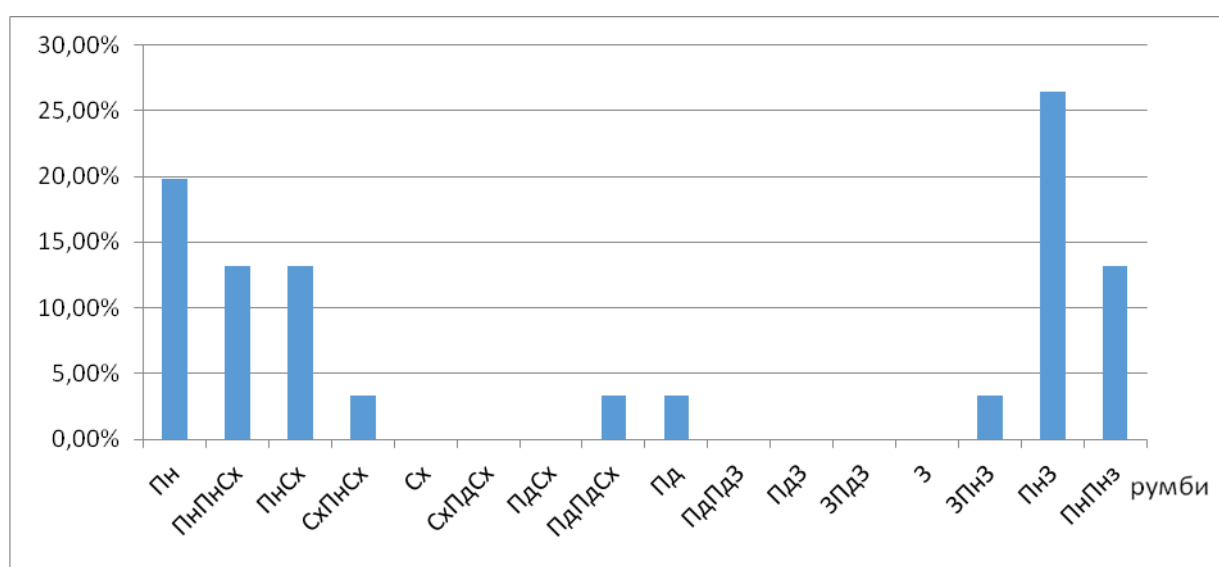


Рис.4.34 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі в квітні

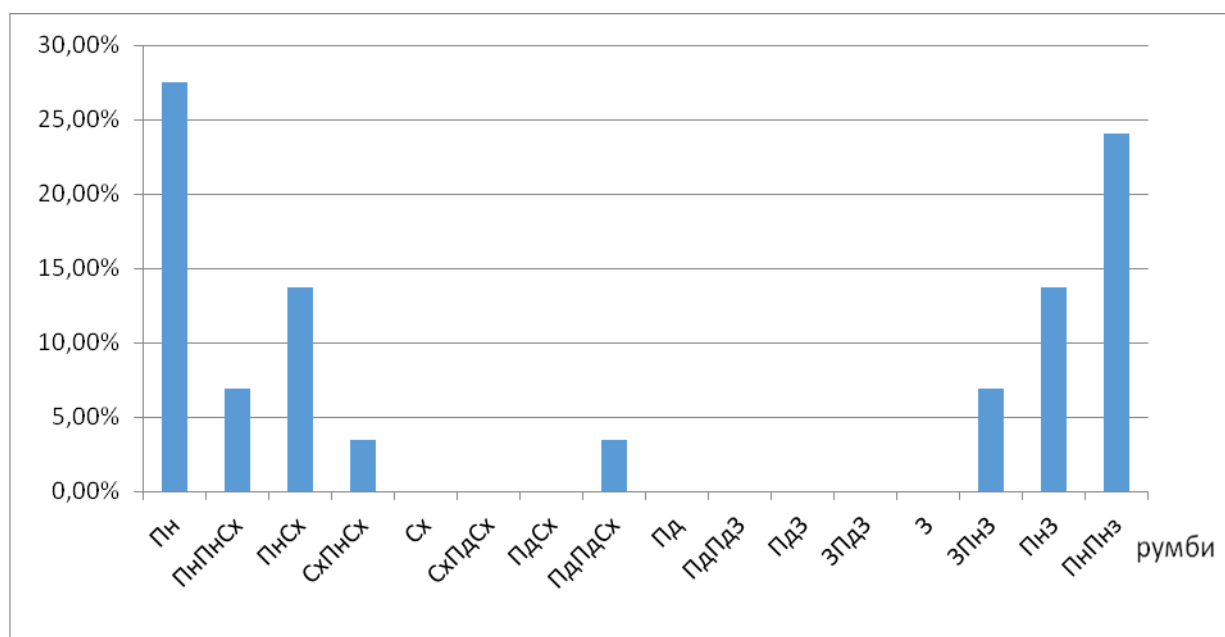


Рис. 4.35 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у серпні .

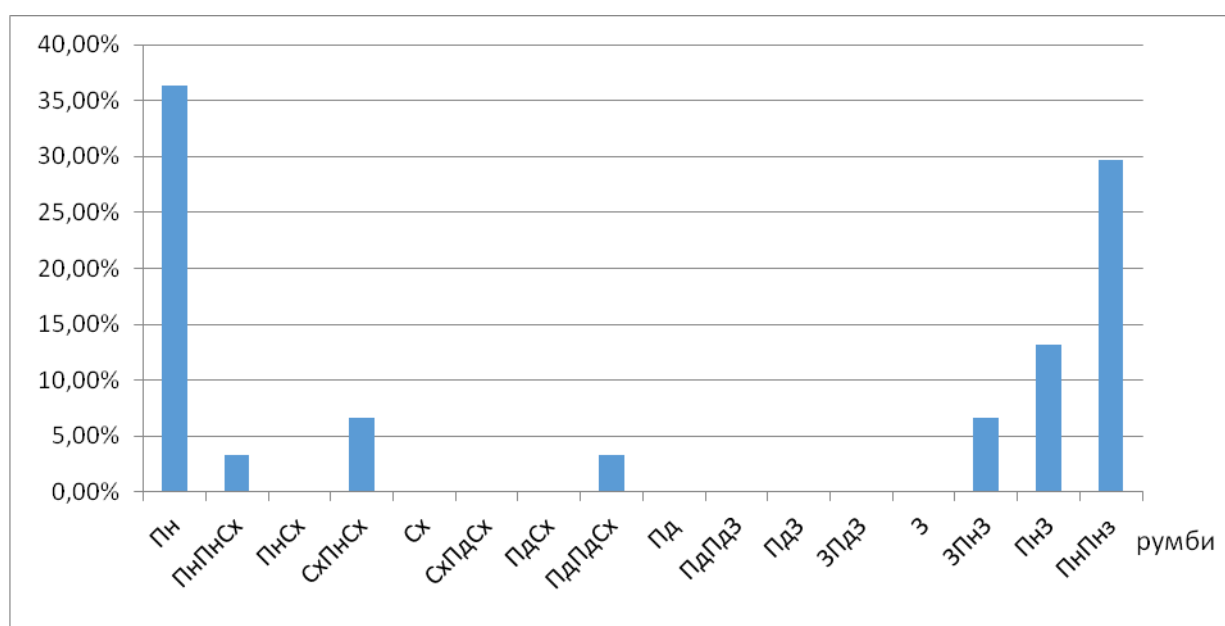


Рис. 4.36 Повторюваність по напрямках вітру, при яких спостерігалися максимальні хвилі у жовтні

В квітні максимальні хвилі спостерігаються від західно-північно-західного до північно-східного напрямках вітру, на їх долю сумарно припадає понад 92,46% випадків. В серпні максимальні хвилі спостерігаються при від

західно-північно-західного до північно-східного напрямків повторюваність яких становить 92,86%. В жовтні максимальні хвилі спостерігаються при вітрах від північно-західного до північного, а їх сумарна повторюваність є максимальною за рік і дорівнює 79,02%.

З аналізу екстремальних хвиль у бухті Южного можна зробити висновок, що за досліджуваний період екстремальні хвилі у бухті Южного не спостерігаються. Найбільші висоти хвиль спостерігались у березні 2002, липні 2005 та вересні 1993 – 2 м. Максимальні хвилі спостерігаються переважно при вітрах від північно-західного до північно-східного напрямів, а їх сумарна повторюваність змінюється протягом року від 75 % до 93%.

Для порівняння екстремальних характеристик вітрових хвиль на різних станціях в таблиці 4.6 представлено максимальні значення висот хвиль і відповідні значення максимальних швидкостей вітру, а також переважні напрямки вітру та їх повторюваності за період з 1987 по 2016 рр..

Таблиця 4.6 Порівняльні характеристики вітрових хвиль на різних станціях

Станція	Одеса	Чорноморськ, море	Чорноморськ, бухта	Южний, море	Южний, бухта
Характер.					
Максимальні висоти хвиль	3,5 м	3,4м	1,5м	3м	2м
Максимальні Швидкості Вітру	15,9 м·с <sup>-1</sup>	15,7 м·с <sup>-1</sup>	16,5 м·с <sup>-1</sup>	15,7 м·с <sup>-1</sup>	16,1м·с <sup>-1</sup>
Переважні напрямки Вітру	Від Пн до ПдСХ	Від Пн до Пд	Від Пн до Пд	Від ПнСх до ПдЗ	Від ПнЗ до ПнСх
Повт. напрямків вітру	54%-84%	55%-97%	49%-97%	62%-97%	75%-93%
Рівняння лінії тренду, коефіцієнт детермінації, R <sup>2</sup>	y=0.015x+ +2.143 R <sup>2</sup> =0.070	y=0.022x+ +2.379 R <sup>2</sup> =0.19	y=-0.011x+ +1.218 R <sup>2</sup> =0.234	y=0.036x+ +1.56 R <sup>2</sup> =0.56	y=-0.004x+ +1.167 R <sup>2</sup> =0.012

З даної таблиці можна зробити висновок що за досліджуваний період небезпечні хвилі спостерігалися лише на станціях Одеса та Чорноморськ і досягали 3,5м і 3,4м відповідно. Максимальні швидкості вітру у бухті Чорноморська і Южного і досягали 16,5 м·с<sup>-1</sup> і 16,1 м·с<sup>-1</sup> відповідно. При цьому максимальні хвилі спостерігаються для стації Одеса та Чорноморськ при напрямках вітру переважно від північного до південного румбів, а на станції Южний від північно-західного до північно-східного. Повторюваність таких вітрів сумарно складає 54%-97%. В між річній мінливості максимальних висот хвиль на станції Южний (море) і Одеса спостерігаються позитивні тренди, при цьому на станції Южний більш значний тренд, а коефіцієнт детермінації дорівнює R<sup>2</sup>=0,56. В той же час на станції Чорноморськ за цей період в між річній мінливості максимальних висот хвиль спостерігається слабкий негативний тренд з коефіцієнтом детермінації R<sup>2</sup>=0,19.



## 5 НЕБЕЗПЕЧНІ ЗГІННО-НАГІННІ КОЛИВАННЯ РІВНЯ МОРЯ В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ

Основними факторами, які визначають режим коливань рівня в синоптичному діапазоні частот є вітер та атмосферний тиск. При цьому вітру належить вирішальна роль, а коливання рівня проявляються в вигляді згінно-нагінних коливань. Їх розвиток визначається співвідношеннями напрямів діючого вітру та конфігурації берегової смуги. З цієї причини розмах згінно-нагінних коливань рівня на різних станціях, навіть близько розташованих одна від одною, можуть суттєво відрізнятися.

В науковій літературі представлено результати аналізу показників штормової активності, в тому числі і в зв'язку зі змінами клімату в Чорному морі [15,16,17]. Для північно-західній частини моря результати аналізу згінно-нагінних коливань рівня моря представлено в [18,19]. Для оцінки мінливості згінно-нагінних коливань використовувались дані про екстремальні (максимальні та мінімальні) строкові значення рівня на станціях Одеса, Чорноморськ, Южний і Цареградське гирло за багаторічний період. Представимо деякі результати досліджень.

Слід зазначити, що екстремальні значення рівня не є величинами, які зафіксовані в ході конкретного згону, або нагону, тому що протягом місяцю може спостерігатися декілька таких явищ. Однак, при аналізі цих значень за багаторічними рядами можна отримати кількісні оцінки загальної граничної величини мінливості рівня. Таки знання є важливими з точки зору безпеки мореплавства, для оцінки можливості затоплення прибережної зони моря та проектування споруд для її захисту.

Для визначення того, як впливають екстремальні характеристики рівня на формування середніх величин, виконувався кореляційний аналіз між екстремальними за кожен місяць та середніми місячними значеннями рівня. Аналіз розрахунків показав, що на всіх станціях коефіцієнти кореляції є достатньо високими (0,6-0,8). При цьому середній рівень моря є більш тісніше пов'язаним з максимальними значеннями рівня, ніж з мінімальними, що свідчить про перевагу нагінних коливань над згінними.

Для більш детального аналізу інтенсивності згінно-нагінних коливань розраховувалась повторювальність відхилення екстремальних значень від середнього місячного значення. Для станції Одеса аналіз виконувався для двох кліматичних періодів. Розрахунки виконувались для градацій відхилення в 10см (0-10, 11-20, 21-30 .....), а потім підсумовувались за більш крупними

градаціями: відхилення менш за 30 см – незначні коливання, відхилення більш за 30 см – значні коливання, відхилення більш за 50 см – дуже значні коливання, які є близькими до критичних позначок рівня для станцій північно-західній частини моря. Результати розрахунків показані в таблицях 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 Повторювальність (%) нагінних коливань рівня різної інтенсивності для станцій північно-західній частини моря

Станція Градація, см	Одеса		Чорноморськ, 1986-2013рр.	Южний, 1986-2012рр.	Цар.гирло 1975-2010рр.
	1947-1979рр.	1980-2012рр.			
< 30	64,90	65,90	72,0	76,28	81,63
≥30	35,10	34,10	28,0	23,72	18,37
≥50	5,30	5,05	2,10	0,96	1,86

Таблиця 5.2 Повторювальність (%) згінних коливань рівня різної інтенсивності для станцій північно-західній частини Чорного моря.

Станція Градація, См	Одеса		Чорноморськ, 1986-2013рр.	Южний, 1986-2012рр.	Цар.гирло 1975-2010рр.
	1947- 1979рр.	1980- 2012рр.			
< 30	48,99	54,55	64,70	65,37	79,07
≥ 30	51,01	45,45	35,30	34,36	20,93
≥ 50	13,64	8,08	5,50	6,73	1,39

Як видно з таблиць, згінно-нагінні коливання рівня, які не перевищують 30 см від середньомісячного значення мають повторювальність від 50% до 80%. При цьому повторювальність нагонів є більшою за повторювальність згонів такої інтенсивності. Перевага повторювальності нагонів над згонами досягає 8%-10%, за виключенням станції Цареградське гирло, де перевищення складає лише 1.5%. Порівняння двох кліматичних періодів на станції Одеса показує, що повторювальності незначних нагонів (менш за 30 см) практично не змінились, а повторювальність незначних згонів за період 1980-2012рр. збільшилась з 48.99% до 54.55%.

Аналіз значних згінно-нагінних коливань рівня (відхилення більш за 30 см) показує, що повторювальність згонів на всіх станціях вище за повторювальність нагонів - перевищення складає 7%-10%, за виключенням станції Цареградське гирло, де воно досягає лише 1.5%. Повторювальність

значних нагонів за два кліматичних періоди на станції Одеса практично не змінилась, а повторювальність аналогічних згонів знизилась з 51% до 45%. Зниження повторювальності значних згонів в останні роки добре узгоджується зі зниженням середньої швидкості вітру над Чорним морем [17]. Мінливість середньої за рік швидкості вітру на станції Одеса за період 1975-2011рр. та лінійний тренд показано на рис. 5.1.

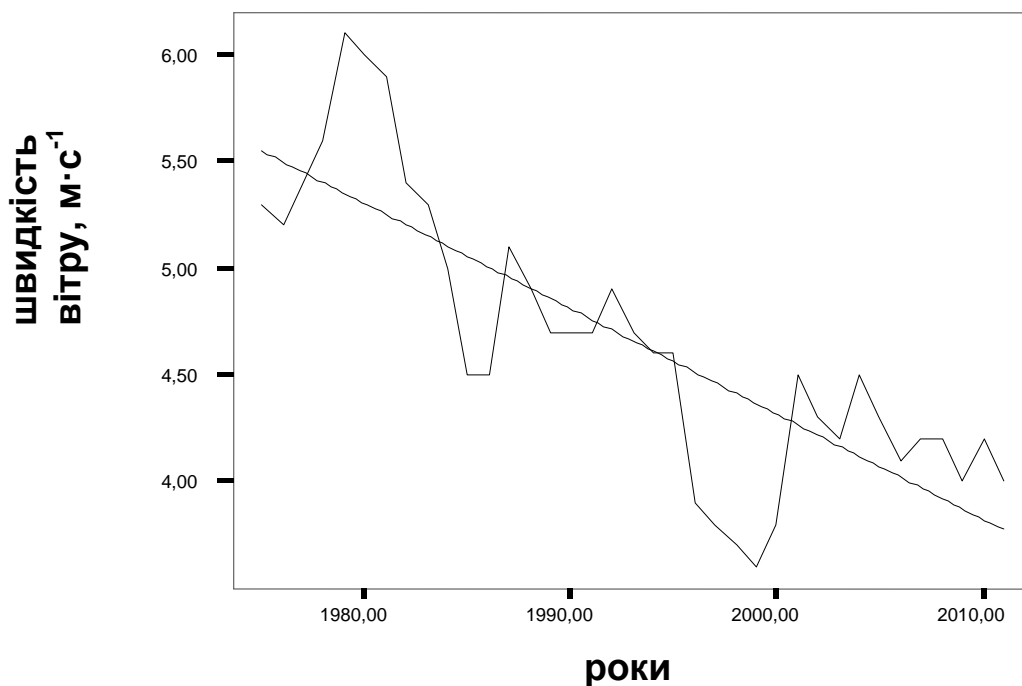


Рисунок 5.1 Мінливість швидкості вітру на ст. Одеса за 1975-2011 рр. та лінійний тренд.

Для дуже значних згінно-нагінних коливань рівня ( відхилення більш за 50см) повторювальність згонів також є вищою за повторювальність нагонів, крім станції Цареградське гирло, де ці величини приблизно однакові. Перевищення повторювальності згонів над нагонами є найбільшим для станції Южний - 6.73% та 0.96% відповідно. Для станції Одеса за останній кліматичний період повторювальність дуже значних згонів зменшилась з 13.64% до 8.08%, але ж є найбільшою величиною для всіх станцій північно-західній частини Чорного моря, що підтверджує відомості з літературних джерел [15,17] про найбільш інтенсивні згони на станції Одеса. Для морської господарської діяльності в прибережній зоні моря необхідно також знати повторювальності небезпечного підйому та спаду рівня, тобто такого, що є вищим або нижчим за критичні позначки. Саме такі коливання рівня

створюють аварійні ситуації на флоті, викликають обміління або затоплення акваторій, господарських об'єктів та населених пунктів. В таблиці 5.3 наведені небезпечні позначки рівня моря для досліджуваних станцій північно-західній частини Чорного моря [4].

Таблиця 5.3 Позначки небезпечного підйому та спаду рівня на станціях північно-західній частини Чорного моря з [4]

Станція	Тенденція зміни рівня	Небезпечна позначка, ( см )
Одеса	Підйом	540
	Спад	430
Чорноморськ	Підйом	550
	Спад	427
Южний	Підйом	540
	Спад	421
Цареградське Гирло	Підйом	541
	Спад	426

Відповідно з небезпечними позначками рівня для кожної станції окремо розраховувались повторювальності небезпечного підйому та спаду рівня – для кожного місяця року та сумарно за рік. Результати розрахунків наведено в таблиці 5.4.

Небезпечні нагони і згони мають найбільшу повторювальність з жовтня по травень, що обумовлено значною інтенсивністю вітру в цей період року. На станції Чорноморськ сумарно за рік повторюваності небезпечних нагонів і згонів приблизно однакові, та складають 4,2%-4.5%. На станції Южний ці характеристики також приблизно співпадають і дорівнюють 3.7% - 2.8%, а на станції Цареградське гирло небезпечні згони є мало імовірними ( 0.7%), та спостерігались лише в листопаді. Небезпечні нагони мають найбільшу повторювальність з листопада по березень, а сумарно за рік це явище спостерігалось в 4,1% випадків.

Для станції Одеса сумарно за рік повторювальність небезпечних згонів вище, ніж небезпечних нагонів. При порівнянні двох кліматичних періодів можна зазначити, що сумарно за рік за період 1980 -2012рр. повторювальність небезпечних нагонів зросла приблизно в два рази, а повторювальність небезпечних згонів, навпаки, знизилась приблизно в три рази.

Пояснити це можна кліматичними змінами напрямків вітру за останні роки. Небезпечні нагони на станції Одеса обумовлені діями вітру східного та південно-східного напрямів. В роботі [17] показано, що за останні 30 років сумарна повторювальність швидкості вітру східного напрямку відчувала слабкий від’ємний тренд, а вітру південно-східного напрямку – навпаки, значущий на рівні не нижче 95%, позитивний тренд. Зростанню повторювальності небезпечних нагонів сприяє також загальне підвищення рівня моря.

Таблиця 5.4 Повторювальності небезпечного підйому та спаду рівня для різних станцій для кожного місяця року та сумарно за рік.

Станція, Період	Одеса (1947- 1979 рр.)		Одеса (1980- 2012 рр.)		Чорноморськ (1986- 2013 рр.)		Южний (1986- 2011 рр.)		Цареградське Гирло (1975- 2010 рр.)	
	Нагін	Згін	Нагін	Згін	Нагін	Згін	Нагін	Згін	Нагін	Згін
Січень	-	3,5	0,2	0,8	0,9	0,6	0,6	0,3	0,9	-
Лютий	0,3	2,0	0,5	0,5	0,6	0,9	0,6	0,3	0,9	-
Березень	0,8	0,7	0,2	0,2	0,3	-	0,6	0,3	0,5	-
Квітень	0,2	0,2	0,5	0,2	0,3	-	-	0,3	-	-
Травень	0,2	0,2	0,2	-	0,3	-	1,0	-	0,2	-
Червень	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Липень	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Серпень	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Вересень	-	0,5	-	0,8	-	-	-	-	-	-
Жовтень	0,2	3,0	-	0,5	-	0,6	-	-	0,2	-
Листопад	0,2	3,0	0,8	2,0	0,9	1,5	0,6	1,0	0,7	0,7
Грудень	-	3,3	0,8	1,0	0,9	0,9	0,3	0,6	0,7	-
Сумарно за рік	1,9	17,1	3,7	6,0	4,2	4,5	3,7	2,8	4,1	0,7

На станції Одеса обумовлені діями вітру північного, північно-західного та північно-східного напрямів. Згідно з роботою [17], за останні 30 років в багаторічній мінливості сумарної повторювальності швидкості вітру північного та північно-східного напрямів спостерігаються значущі на рівні не нижче 95% від’ємні тренди. Північно-західний вітер відчуває не значущий позитивний тренд. Таким чином, зниження повторювальності небезпечних

згонів викликано зменшенням потужності північного та північно-східного вітрів за період 1980-2012рр. Для з'ясування тенденцій в багаторічній мінливості інтенсивності згінно-нагінних коливань рівня моря в [18] виконано також аналіз мінливості екстремальних за рік значень рівня та їх різниці за строковими даними. Розраховувались характеристики лінійних трендів рядів максимальних та мінімальних значень та їх різниці. Результати розрахунків наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 Характеристики лінійних трендів рядів екстремальних значень рівня та їх різниці на станціях північно-західній частини Чорного моря.

Рівень	Характеристика	Станції, період				
		Цар.гирло 1975-2010рр	Чорноморськ 1986-2013рр.	Южний 1986- 2011рр.	Одеса	
					1947- 1979рр	1980- 2012рр.
Максимальний	a	0,51	0,54	1,07	0,500	-0,19
	R <sup>2</sup>	0,22	0,15	0,46*	0,05	0,02
	Δ	18,36	15,12	27,82	16,5	-6,27
Мінімальний	a	0,85	0,71	1,07	0,37	1,13
	R <sup>2</sup>	0,39*	0,12	0,29*	0,02	0,38*
	Δ	30,6	19,88	27,82	12,21	37,29
Різниця рівня	a	-0,33	-0,17	0,00	0,13	-1,32
	R <sup>2</sup>	0,06	0,01	0,00	0,01	0,28*
	Δ	-11,9	-4,67	0,00	4,30	-43,56

Примітка: a – кутовий коефіцієнт тренду, R<sup>2</sup> – коефіцієнт детермінації, Δ – загальна зміна величини, різниця між першим та останнім значенням тренду, \*- значущі на рівні не нижче 95% тренди.

Як видно з таблиці, на станціях Цареградське гирло та Чорноморськ в рядах максимальних та мінімальних значень рівня спостерігаються позитивні тренди. Однак, кутові коефіцієнти тренду мінімального рівня є вищими, ніж кутові коефіцієнти тренду максимального рівня. Це свідчить про те, що мінімальний строковий рівень зростав за цей період з більшою інтенсивністю, ніж максимальний. Так як швидкості зростання екстремальних значень рівня не є однаковими, різниця між ними має від'ємний тренд, що підтверджує зниження інтенсивності згонів-нагонів на станціях Цареградське гирло та Чорноморськ за період 1986-2012рр. (рис. 5.2 та 5.3).

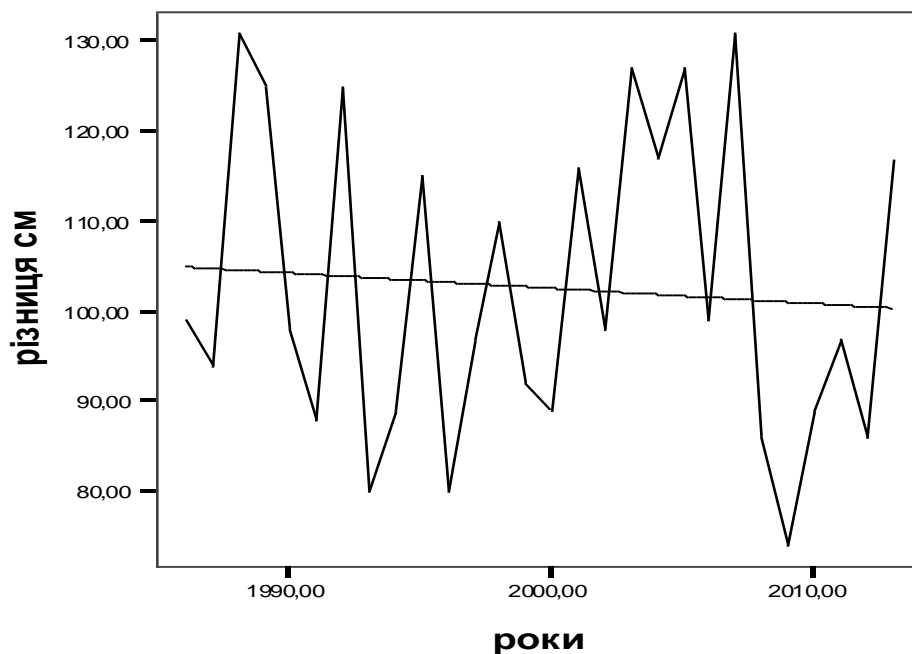


Рисунок 5.2 Мінливість різниці максимального та мінімального строкового рівня на ст. Чорноморськ за 1986-2013 рр. та лінійний тренд

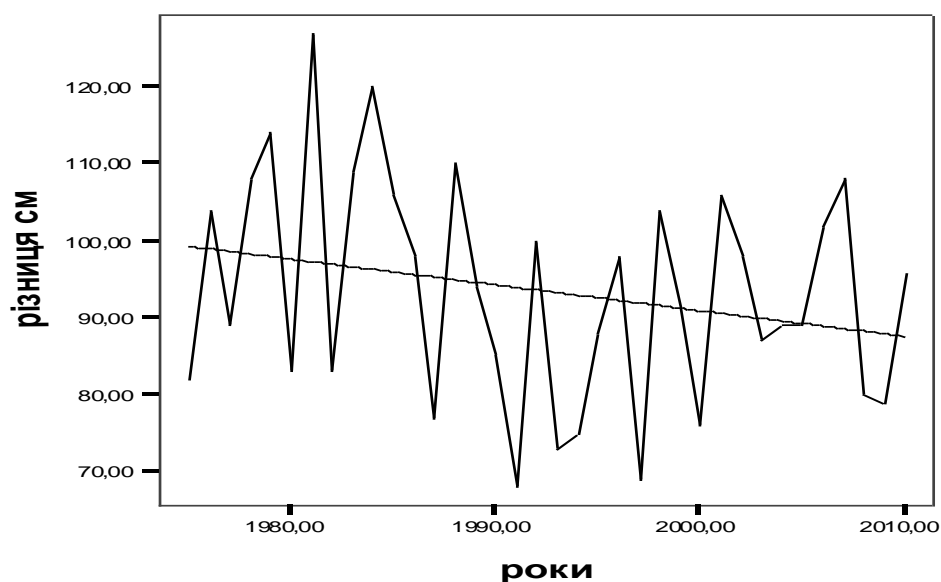


Рисунок 5.3 Мінливість різниці максимального та мінімального строкового рівня на ст. Цареградське гирло за 1975-2010 рр. та лінійний тренд.

На станції Южний за досліджуваний період екстремальні рівні зростали з однаковими кутовими коефіцієнтами. Тому в їх різниці тренд відсутній. Виявляються коливання з періодами від 2-х до 5-ти років (рис.5.4 ).

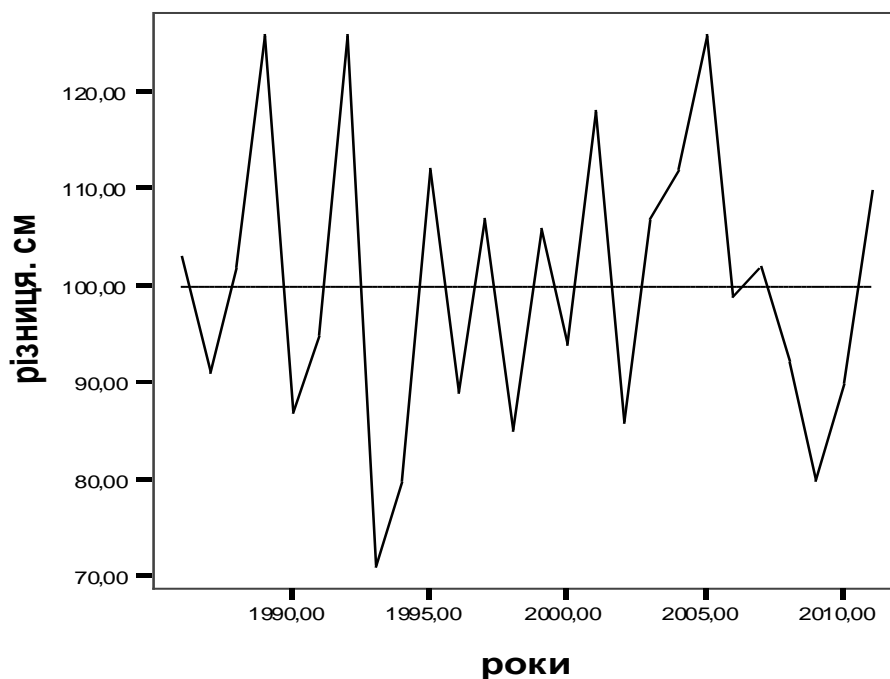


Рисунок 5.4 Мінливість різниці максимального та мінімального строкового рівня на ст. Южний за 1986-2011 рр. та лінійний тренд.

На станції Одеса за період 1980-2012рр. максимальний строковий рівень моря має слабкий від’ємний тренд, а мінімальний строковий – навпаки значущий позитивний тренд. Зростання мінімального строкового рівня свідчить про зниження значних згонів на станції Одеса за період 1980-2012рр. Від’ємний тренд в різниці між максимальним та мінімальними рівнем підтверджує зниження інтенсивності згінно-нагінних коливань за цей період. Мінливість різниці максимального та мінімального строкового рівня моря на станції Одеса за два періоди показано на рис.5.5 та 5.6.

Таким чином, в зниження інтенсивності згінно-нагінних коливань в північно-західній частині Чорного моря більш суттєвий вклад вносить зростання мінімального строкового рівня, тобто зменшення розмаху згонів. На станціях Цареградське гирло, Іллічівськ та Южний розмах згонів знизився на 20-30 см. На станції Одеса зниження розмаху згонів досягає 37см. Цей висновок можна використовувати при плануванні днопоглиблювальних робіт



в акваторіях портів, так як саме мінімальні значення рівня становлять загрозу посадки суден на мілину.

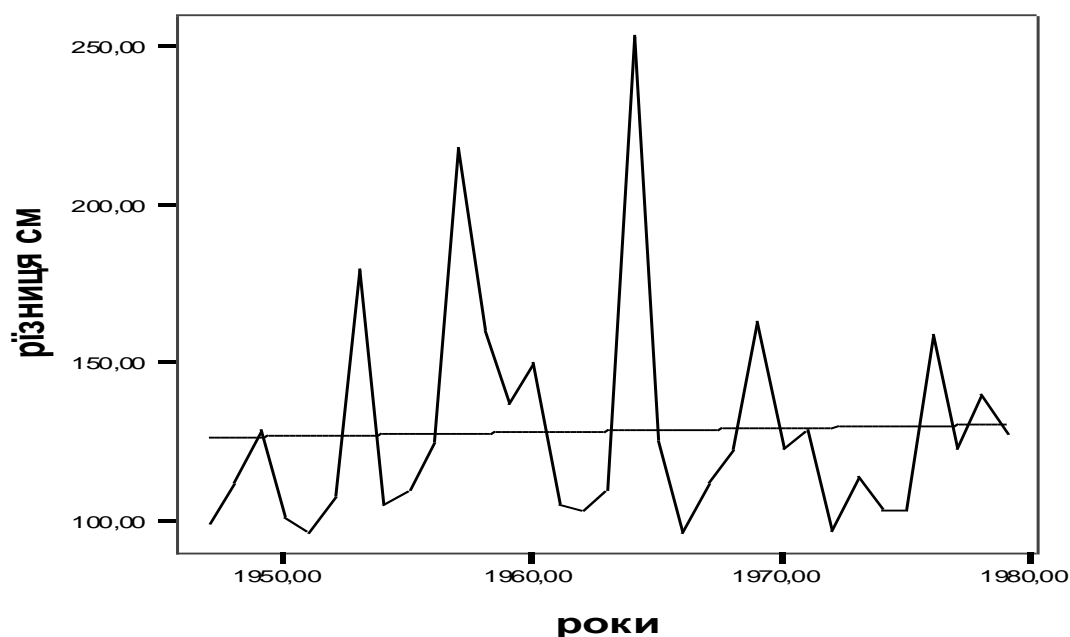


Рисунок 5.5 Мінливість різниці максимального та мінімального строкового рівня на ст. Одеса за 1947-1979 рр. та лінійний тренд.

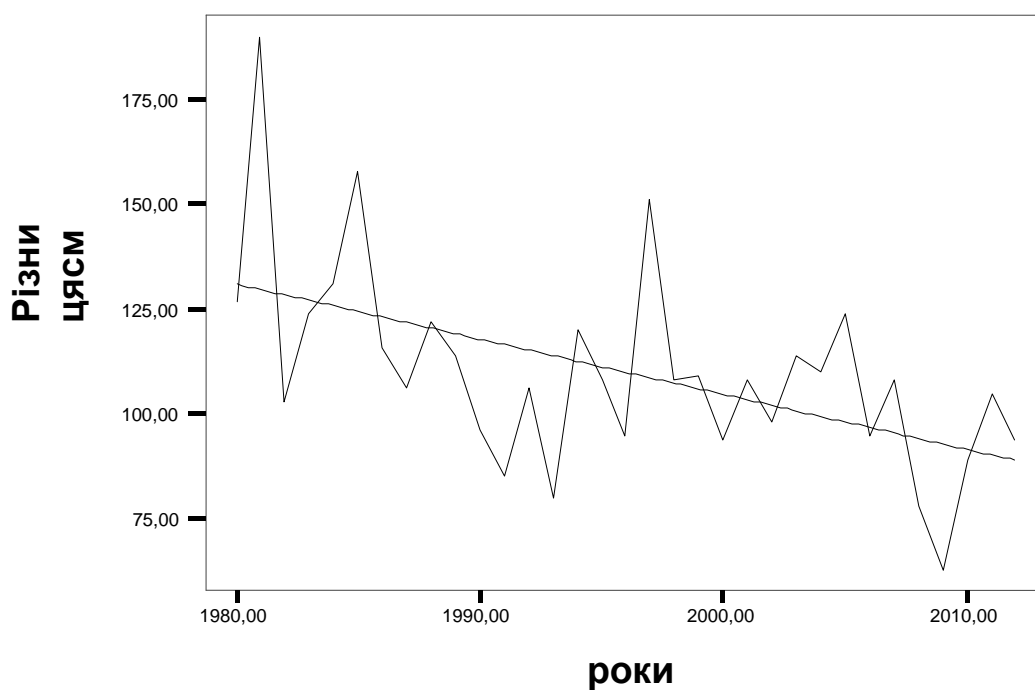


Рисунок 5.6 - Мінливість різниці максимального та мінімального строкового рівня на ст. Одеса за 1980-2012 рр. та лінійний тренд

З аналізу небезпечних нагонів і згонів на станціях північно-західної частини Чорного моря можна зробити такі висновки.

Небезпечні нагони і згони мають найбільшу повторювальність з жовтня по травень, що обумовлено значною інтенсивністю вітру в цей період року. На станції Чорноморськ сумарно за рік повторюваності небезпечних нагонів і згонів приблизно однакові, та складають 4,2%-4.5%. На станції Южний ці характеристики також приблизно співпадають і дорівнюють 3.7% - 2.8%, а на станції Цареградське гирло небезпечні згони є мало імовірними (0.7%), та спостерігались лише в листопаді. Небезпечні нагони мають найбільшу повторювальність з листопада по березень, а сумарно за рік це явище спостерігалось в 4,1% випадків. Для станції Одеса сумарно за рік повторювальність небезпечних згонів вище, ніж небезпечних нагонів. При порівнянні двох кліматичних періодів можна зазначити, що сумарно за рік за період 1980 -2012рр. повторювальність небезпечних нагонів зросла приблизно в два рази, а повторювальність небезпечних згонів, навпаки, знизилась приблизно в три рази.

## ВИСНОВКИ

З аналізу тягунів в порту Чорноморськ можна зробити такі висновки. За період 1982-2006 рр. в порту Чорноморськ спостерігалось 85 випадів виникнення тягуна. Повторюваність явища по роках неоднакова: в деякі роки не спостерігалось ні одного випадку, а найбільша їх кількість припадає на 1993 р. і досягає 23 випадки. Найбільша кількість випадків тягуна спостерігається з жовтня по березень, що обумовлено інтенсивністю атмосферних процесів і сильними вітрами над Чорним морем в зимовий період року. Найчастіше вони спостерігалися в листопаді - 21 раз, а в липні і серпні тягунів за весь період зовсім не спостерігалось. В більшості випадків ( 50%) виникнення тягуна відбувається при помірних та сильних вітрах північного, північно-східного і східного напрямів. Середня швидкість вітру під час виникнення тягуна за весь період спостережень становила  $8,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а найбільша досягала  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . При цьому середня висота хвилі становить 1,3м, а максимальна досягала 3,2 м.

Аналіз коливань суден біля причалів під час тягуна показав, що амплітуда вертикальних коливань в середньому становила 23см, а максимальна досягала 55 см, а їх період становить 24 с і 40 с відповідно. Амплітуда горизонтальних коливань в середньому становить 22 см, а максимальна – 65 см, при цьому періоди таких коливань змінюються від 6 с до 49 с.

Аналіз синоптичних процесів над Чорним морем показав, що виникнення тягуна в порту Чорноморськ обумовлено виходом середземноморського циклону і пов'язаним з ним локальним циклогенезом в південно-західній частині Чорного моря. Такі процеси формують зону значних градієнтів атмосферного тиску над Чорним морем з потужними і тривалими вітрами східного і південно-східного напрямку, які в свою чергу сприяють розвитку хвиль висотою 2-2,5 м.

Проаналізувавши дані про вітрові хвилі на станціях Одеса, Чорноморськ та Южний можна зробити висновок що за досліджуваний період небезпечні хвилі спостерігалися лише на станціях Одеса та Чорноморськ і досягали 3,5м і 3,4м відповідно. Максимальні швидкості вітру у бухті Чорноморська і Южного і досягали  $16,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і  $16,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  відповідно. При цьому максимальні хвилі спостерігаються для стації Одеса та Чорноморськ при напрямках вітру переважно від північного до південного румбів, а на станції Южний від північно-західного до північно-східного.

Повторюваність таких вітрів сумарно складає 54%-97%. В між річній мінливості максимальних висот хвиль на станції Южний (море) і Одеса спостерігаються позитивні тренди, при цьому на станції Южний більш значний тренд, а коефіцієнт детермінації дорівнює  $R^2=0,56$ . В той же час на станції Чорноморськ за цей період в між річній мінливості максимальних висот хвиль спостерігається слабкий негативний тренд з коефіцієнтом детермінації  $R^2=0,19$ .

З аналізу небезпечних нагонів і згонів на станціях північно-західної частини Чорного моря можна зробити такі висновки.

Небезпечні нагони і згони мають найбільшу повторювальність з жовтня по травень, що обумовлено значною інтенсивністю вітру в цей період року. На станції Чорноморськ сумарно за рік повторюваності небезпечних нагонів і згонів приблизно однакові, та складають 4,2%-4,5%. На станції Южний ці характеристики також приблизно співпадають і дорівнюють 3,7% - 2,8%, а на станції Цареградське гирло небезпечні згони є мало імовірними (0,7%), та спостерігались лише в листопаді. Небезпечні нагони мають найбільшу повторювальність з листопада по березень, а сумарно за рік це явище спостерігалось в 4,1% випадків.

Для станції Одеса сумарно за рік повторювальність небезпечних згонів вище, ніж небезпечних нагонів. При порівнянні двох кліматичних періодів можна зазначити, що сумарно за рік за період 1980 -2012рр. повторювальність небезпечних нагонів зросла приблизно в два рази, а повторювальність небезпечних згонів, навпаки, знизилась приблизно в три рази.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С.Ф. Доценко, В.А. Иванов- Природные катастрофы азово- черноморского региона. НАН України, Морський гідрофізичний інститут. Севастополь, 2010. 174 с.
- 2.Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века// Вестник Российской академии наук. 2001. № 4. С. 291 – 302.
- 3.Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Цемко В.П. Катастрофы в Черном Море. Киев: Манускрипт, 1994. 296 с.
4. Гаврилюк Р.В. Прогнози небезпечних морських гідрологічних явищ. Навчальний посібник. Одеський Державний Екологічний Університет, Одеса, 2002. 43с.
- 5.Доценко С.Ф., Иванов В.А. Возможные источники и механизмы формирования повышенной гидродинамической активности на шельфе Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Киев: Манускрипт,1994. 296 с.
- 6.Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. 210 с.
- 7.Методическое пособие по составлению прогноза тягуна. Л.,Гидрометеиздат, 1980. 61 с.
- 8.Bowen A.J., Guza R.T. Edge waves and surf beat // J.Geophys.Res. -1978,- 83, С4.- P. 1913-1920.
- 9.Крылов Ю.М., Стрекалов С.С., Дугинов Б.А. Физическая модель формирования длиннопериодных колебаний в поле ветровых волн.//Тр. Союзморниипроекта – 1979.- № 52. С. 52-65.
- 10.Макаров В.А., Трифонов В.Д., Устинов М.М. О явлении тягуна в черноморских портах // Океанология – 1984, № 12. С. 35-42.
- 11.Иванов В.А., Янковский А.Е. Длинноволновые движения в Черном море. – Киев: Наукова думка, 1992. – 110 с.
- 12.Балинец Н.А. Регионально-генетические принципы тягуна. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.- вып.13. – с. 179-187.
- 13.Балинец Н.А. Условия возникновения тягуна в портах Черного моря.//Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.-Севастополь:НПЦ«ЭКОСИ-Гидрофизика», 2007,-вып. 15, с 362-369.

14. Интернет-журнал Meteoweb. URL:<http://meteoweb.ru/>
15. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. IУ Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 329-354.
16. Горячкин Ю.Н. Основные тенденции многолетней изменчивости сгонно-нагонных колебаний уровня в Черном море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь, 2007. Вып. 15. С 28-32
17. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н., Дьяков Н.Н., Кубряков А.А., Станичный С.В. Гидрометеорологические условия морей Украины.- т.2. Черное море. Севастополь: 2012, 420с.
18. Гаврилюк Р.В., Корнилов С.В. Сгонно-нагонные колебания уровня в акваториях портов северо-западной части Черного моря и их изменения в современный климатический период. Судовождение, Сборник научных трудов, Одесская национальная морская академия. Одесса, №25, 2015.с.37-46.
19. Гаврилюк Р.В., Корнилов С.В. Изменчивость уровня в северо-западной части Черного моря. Вісник ОДЕКУ, вип.20, 2016. С. 69-76.