

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра океанології та  
морського природокористування

**Магістерська кваліфікаційна робота**

на тему: Згінно-нагінні коливання рівня моря в районі порту Чорноморськ

Виконала студентка 2 курсу групи МО-61  
Тодорова Руслана Миколаївна

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

Консультант  
\_\_\_\_\_

Рецензент к.геогр.н., проф. \_\_\_\_\_

Івус Галина Петрівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра Океанології та морського природокористування  
Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 8.04010502 «Океанологія»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

“01” 11 2016 року

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

Тодорової Руслани Миколаївни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Згінно-нагінні коливання рівня моря в районі порту  
Чорноморськ

керівник роботи Гаврилюк Раїса Володимирівна к.геогр.н, доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “14”09 2016 року №270 –С

2. Строк подання студентом роботи 1.02.2017 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

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

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 1.11.2016 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд літературних джерел з дослідження мінливості рівня чорного моря	01.11.2016-10.11.2016р.	93	Відмінно
2	Згінно-нагінні коливання рівня моря в районі порту Іллічівськ	11.11.2016-28.11.2016 р.	93	Відмінно
3	Висновки	29.11.2016-04.12.2016 р.	90	Відмінно
4	Рубіжна атестація	05.12.2016-09.12.2016 р.	75	Добре
5	Підготовка тексту магістерської роботи, її оформлення.	10.12.2016-15.01.2017 р.	90	Відмінно
6	Кінцевий етап оформлення роботи	16.01.2017-31.01.2017 р.	90	Відмінно
8	Попередній захист роботи	06.02.2017 р.	90	Відмінно
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90	Відмінно

Студент \_\_\_\_\_ Годорова Р.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

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

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Згінно-нагінні коливання рівня моря в районі порту Чорноморськ.

Актуальність роботи: Згінно-нагінні коливання рівня впливають на господарську діяльність в прибережній зоні моря, а також в акваторіях морських портів. Нагони рівня моря призводять до затоплення прибережних акваторій, а згони створюють загрозу посадки суден на мілину. Тому вивчення цих процесів, а також спроба розробки методів їх прогнозування представляє значний практичний інтерес, що обумовлює актуальність виконаної роботи.

Мета роботи: Аналіз згінно-нагінних коливань рівня моря в акваторії порту Чорноморськ, встановлення зв'язків між змінами рівня та дією вітру, а також визначення рівнянь для прогнозу згонів та нагонів.

Об'єкт дослідження: Згінно-нагінні коливання рівня моря в районі порту Чорноморськ.

Методи дослідження: стандартні методи математичної статистики, прийняті в гідрометеорології та океанографії – статистичний, кореляційний, регресійний аналізи.

Магістерська робота містить 72 сторінки, 32 рисунка, 14 таблиць, 30 літературних джерел.

Ключові слова: РІВЕНЬ МОРЯ, ЗГІННО-НАГІННІ КОЛИВАННЯ РІВНЯ МОРЯ, ВІТЕР, ПІВНІЧНО-ЗАХІДНА ЧАСТИНА ЧОРНОГО МОРЯ.

## SUMMARY

Topic of the Paper: Wind-Surge Fluctuations in the Sea Level at the Port of Chornomorsk.

Relevance of the Paper: Wind-surge level fluctuations affect economic activity in the coastal zone and in the water areas of the sea ports. The surge of sea levels results in flooding of the coastal water areas and risk of running of ships aground. Therefore, the study of these processes and an attempt to develop methods of their forecasting are of great practical interest, that indicates topicality of the accomplished research.

Research objective: Analysis of wind-surge fluctuations in the sea level within the waters of the port of Chornomorsk, identification of links between changes in the level and the wind effect, and determination of equations for forecasting of winds and surges.

Object of study: wind-surge fluctuations in the sea level at the port of Chornomorsk.

Research methods: standard methods of mathematical statistics applied in Meteorology and Oceanography - statistical, correlation, and regression analysis.

Master of Science thesis contains 72 pages, 32 figures, 14 tables, 30 references.

Keywords: sea level, wind-surge fluctuations in the sea level, wind, north-western part of the Black Sea.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЛИВОСТІ РІВНЯ ЧОРНОГО МОРЯ .....	9
1.1. Фактори, що впливають на формування рівневого режиму і їх мінливість.....	9
1.2. Згінно-нагінні коливання рівня моря .....	23
2. ЗГІННО-НАГІННІ КОЛИВАННЯ РІВНЯ МОРЯ В РАЙОНІ ПОРТУ ІЛЛІЧІВСЬК.....	40
2.1. Історія розвитку та розташування порту Іллічівськ .....	40
2.2. Матеріали спостережень і методи їх обробки .....	49
2.3. Статистичні характеристики мінливості згінно-нагінних коливань рівня моря .....	51
2.4. Взаємозв'язки між характеристиками вітру та згінно-нагінними коливаннями рівня моря в районі порту Іллічівськ .....	64
ВИСНОВКИ .....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	71

## ВСТУП

Протягом року рівень води у прибережній частині моря відчуває неперіодичні коливання, викликані місцевим вітром та вітрами, які охоплюють площу моря у цілому.

Дія сильних вітрів над морем приводить до згінно-нагінних коливань рівня. Особливе значення мають ці коливання на господарську діяльність в прибережній зоні моря – в акваторіях портів, де при підвищенні рівня створюється загроза затоплення прилеглих територій, а при пониженні – загроза посадки суден на мілину.

У мілководних частинах моря, в заливах і бухтах найбільші згони й нагони формуються під дією вітру, направлено перпендикулярно до лінії берега. Навпроти, біля приглибих берегів максимальний розвиток згінно-нагінної циркуляції настає при вітрах, які дмуть паралельно береговій лінії.

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.

Визначення показників штормової активності в останні роки привертає увагу багатьох вчених, зокрема в зв'язку зі змінами клімату в Чорному морі. Для північно-західній частини моря такі дослідження не виконувались. В той же час в цьому районі розташовані найважливіші морські порти, і вплив згінно-нагінних коливань рівня на їх роботу є суттєвим [1].

Для Чорноморського (далі Іллічівського) торгового порту важливими є прогнози короточасних коливань рівня, які обумовлені проходженням баричних систем, що викликають згінно-нагінні явища.

Глибини порту знаходяться в межах 8-14 м. Крупновантажні судна, які повністю навантаженні, мають осадку до 13,8 м, тобто запас води під кілем складає усього 20 см. Так як дно лиману не є рівним, під час спаду рівня створюється загроза посадки суден на ґрунт.

Акваторія порту має три ковші, які орієнтовані по лініях: 1й ковш – 288-108°, а 2й та 3й ковші – 340-160°. Відповідно до цього згінним напрямом вітру є північно-західний (300-330°), а нагінним – від північно-східного до південного (30-180°).

Добова амплітуда коливання рівня складає 10-20 см. В осінньо-зимовий період амплітуда досягаю 30-50 см, а при небезпечних коливаннях - 80 см. За весь період спостережень критичний спад рівня склав 360 см, а підйом – 560 см, тобто розмах згінно-нагінних коливань досягає 2 м.

Для порту Іллічівськ повторюваність нагінних коливань інтенсивністю менш 30 см від середнього значення складає 72 %, а більше 30 см – 28 %. Повторюваність згінних коливань інтенсивністю менш 30 см від середнього рівня складає 64,7 %, а більше 30 см – 35,3 %.

На станції Іллічівськ сумарно за рік імовірності небезпечних нагонів та згонів приблизно однакові, та складають 4 % - 4.5 % [2].

В магістерській роботі виконано аналіз згінно-нагінних коливань рівня моря в акваторії порту Іллічівськ, встановлені зв'язки між змінами рівня та дією вітру, а також визначенні рівняння для прогнозу згонів та нагонів.



# **1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЛИВОСТІ РІВНЯ ЧОРНОГО МОРЯ**

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 [2].

Порт Іллічівськ розташовано в північно-західній частині Чорного моря та є одним із великих морських портів України. В основі безпеки виробничих операцій в порту та експлуатації береговій 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.

## **1. 1 Фактори, що впливають на формування рівневого режиму і їх мінливість.**

Рівневий режим Чорного моря формується як під впливом евстатичних чинників, які призводять до зміни обсягу вод і обсягу чаші моря, так і деформаційних, при яких відбувається перерозподіл маси води по акваторії при незмінному його обсязі. Евстатичні фактори в Чорному морі - це річковий стік, випаровування, опади, що випадають над морем, водообмін з Мармуровим і Азовським морями, підземний та антропогенний стік, зміни щільності морської води (стеричний ефект), осідання і ущільнення опадів. Зміни обсягу чаші моря під дією тектонічних рухів, мабуть, невеликі і ними в першому наближенні можна знехтувати. Деформаційні фактори, що діють в

Чорному морі - це вітер, просторово-часові зміни атмосферного тиску (статична реакція), припливні і сейсмічні явища [3].

Дія сильних вітрів призводить до згінно-нагінних коливань рівня, пов'язаних з циркуляцією вод, яка виникає в результаті тангенціального тертя між повітряним потоком і водною поверхнею, обмеженою береговою лінією. У Чорному морі основні коливання рівня вітрового походження збігаються зі змінами рівня, зумовленими змінами атмосферного тиску і щільності води. Це можна пояснити тим, що зниження атмосферного тиску над сушею і підвищення тиску над морем поєднуються з нагінними по відношенню до берега вітрами. Отже, рівень підвищується одночасно під дією двох факторів - вітру та атмосферного тиску. У зворотному випадку, коли тиск над сушею підвищується, а над морем знижується, відбувається зниження рівня моря біля берега під впливом обох факторів. Крім цього, при нагінному процесі легші поверхневі води переміщуються в прибережну область, утворюючи значний шар, і, отже, є додатковим чинником, що призводить до підвищення рівня. При згонах відбувається зворотний процес - при цьому рівень знижується як через відтік вод, так і за рахунок їх заміщення більш щільними глибинними водами.

Зміни рівня внаслідок зміни тиску (статична реакція) значно менше змін, обумовлених дією вітрів і течій, як уздовж берегової лінії, так і у відкритому морі (динамічна реакція). Крім зазначених процесів певний вплив на перерозподіл обсягу вод надають хвильові процеси різного походження і сейші.

Окремо можна виділити геодинамічні сили, що призводять до вікових коливань рівня. Вони обумовлені повільними вертикальними рухами земної кори (підняттям або опусканням). Однак ці коливання є удаваними, так як відбуваються не від змін рівня, а від підняття або опускання берега, на якому розташовані реєстратори рівня. Разом з тим, для господарської діяльності людини вони важливі і їх слід враховувати. На чорноморському узбережжі - це, перш за все, район Одеси і Колхидська низовина, які відчувають значні

сучасні вертикальні рухи земної кори (опускання). В інших районах узбережжя вони істотно менше. Крім того, різкі тектонічні коливання земної кори, що призводять до землетрусів, викликають цунамі, які також реєструвалися в Чорному морі [4].

*Річковий стік.* У термінах збільшення рівня моря, внесок річкового стоку за період 1923 - 2005 рр. складає в середньому  $79 \text{ см} \cdot \text{рік}^{-1}$  при найбільшому і найменшому значеннях 120 і 56 см (151 і 70 % від норми) [5]. Середньобагаторічний розмах сезонних коливань стоку склав близько 6 см, максимальний - 12 см, мінімальний - близько 4 см. Аналіз особливостей сезонного ходу стоку показав кліматичні зміни їх характеру [6]. Так за 30 річний період (рекомендований Всесвітньою метеорологічною організацією, як кліматичний) з 1976 по 2005 рр. розмах сезонного сигналу зменшився по відношенню до попереднього періоду (1946 - 1975 рр.). З рис. 1.1.1 видно збільшення стоку в півріччя, в яке спостерігаються його мінімальні значення (вересень - лютий).

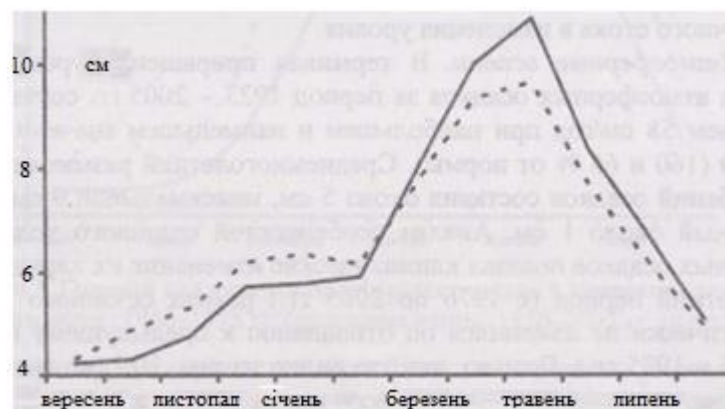


Рис.1.1.1. Річний хід вкладу стоку річок в зміни рівня Чорного моря за 1946 - 1975 рр. (суцільна лінія), за 1976 - 2005 рр. (пунктир) [7]

Навпаки, в півріччя максимального стоку спостерігається зменшення водності. Порівняння різниці величин стоку за ці періоди показало зменшення розмаху сезонного сигналу на 23 %. Виражений в попередній

період максимум у травні став більш «розмитим». Аналіз конкретних кривих сезонного ходу показує, що в цей період, на відміну від попереднього, кількість випадків максимуму в квітні і травні було однаковим (по 40 % всіх випадків). В цей же період, в порівнянні з попереднім, межень змістилася з жовтня на вересень. Більш вираженою стала піврічна гармоніка. У багаторічних змінах, на фоні міжрічних коливань, спостерігається невеликий негативний тренд. У перерахунку на період спостережень (1923 - 2005 рр.) Розмах тренда становить 3,4 см. Хоча коефіцієнт кореляції між стоком і рівнем відносно невисокий (0,7), проте, практично кожному екстремуму в стоці річок відповідає екстремум рівня. Взаємні спектри коливань рівня і сумарного річкового стоку показують наявність піків на періодах 13,1 і 3,6 року з відповідними високими значення функції когерентності.

В цілому материковий стік має суттєвий вплив на формування режиму рівня Чорного моря на масштабах сезонних і міжрічних коливань. Разом з тим, знак і величина тренда не може пояснити факт, що спостерігається підвищення рівня Чорного моря. В останні роки відзначається тенденція до зменшення вкладу річкового стоку в зміни рівня.

*Атмосферні опади.* У термінах збільшення рівня моря внесок атмосферних опадів за період 1923 - 2005 рр. складає в середньому  $58 \text{ см} \cdot \text{рік}^{-1}$  при найбільшому і найменшому значеннях 94 і 65 см (160 і 65 % від норми), середньобогторічний розмах сезонних коливань опадів склав близько 5 см, максимальний - 9 см, мінімальний - близько 1 см. Аналіз особливостей сезонного ходу атмосферних опадів показав кліматичні зміни їх характеру. За 30 річний період (з 1976 по 2005 рр.) Розмах сезонного сигналу практично не змінився по відношенню до попереднього періоду (1946 - 1975 рр.). Однак, як, в усі без винятку місяці відбулося зростання кількості опадів. По відношенню до норми за 1946 - 1975 рр. кількість опадів, що випадають над акваторією Чорного моря в 1976 - 2005 рр. зросла на 84 мм. У багаторічних змінах (1923-2005 рр.), На фоні міжрічних коливань атмосферних опадів помітний значний по-позитивним тренд з розмахом

17,6 см (підвищення рівня моря за цей же період склало 14,0 см). Коефіцієнт кореляції між атмосферними опадами і коливаннями рівня Чорного моря становить для середньорічних величин - 0,7. Розрахунок взаємних спектрів коливань рівня і атмосферних опадів показав наявність достовірних піків на періодах 10,5 і 4,9 року [8].

Незважаючи на те, що обсяг атмосферних опадів і розмах їх міжрічних змін менше материкового стоку, внесок перших в зміни рівня значний. Так, в осінньо-зимовий період їх внесок у формування рівня перевищує материковий стік. Крім того, величина і знак тренда міжрічних змін близькі (рис.1.1.2.)

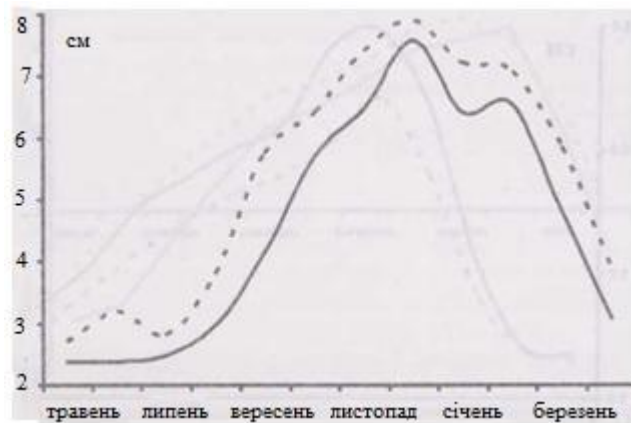


Рис.1.1.2. Річний хід вкладу атмосферних опадів в зміни рівня Чорного моря за 1946-1975 рр. (суцільна лінія), за 1976 - 2005 рр. (пунктир) [7]

*Випаровування з поверхні моря.* Внесок випаровування в зменшення рівня Чорного моря становить у середньому  $89 \text{ см} \cdot \text{рік}^{-1}$ , при найбільшому і найменшому значеннях 114 і 62 см (127 і 69 % від норми) [7]. У змінах рівня моря, пов'язаних з випаровуванням, відзначається виражений річний хід. Практично в усі місяці в останні 30 років відбулося зменшення випаровування, крім того, зменшився розмах сезонного сигналу. Якщо в 1946 - 1976 рр. в середньому він становив 12 см, то в 1976 - 2005 рр. - 10 см. Найбільше зменшення випаровування (на 3-4 см) відзначається в період його

максимальних значень. Величина річної норми випаровування за 1976 - 2005 рр. зменшилася по відношенню до попереднього періоду на 21 см або на 22 %. Починаючи з 50-х рр. і практично до кінця ХХ століття спостерігалось зменшення випаровування, особливо помітне з початку 70-х. В цілому для періоду 1923 - 2005 рр. це дало значний негативний тренд розмахом 28,9 см.

Коефіцієнт кореляції між коливаннями рівня моря, пов'язаними з випаровуванням, і спостережуваним рівнем Чорного моря становить для середньорічних значень величину, що лежить нижче довірчого інтервалу. Взаємний спектральний аналіз рівня та випаровування виділяє тільки один пік з відповідно високим рівнем когерентності на періоді 3,6 року (рис.1.1.3).

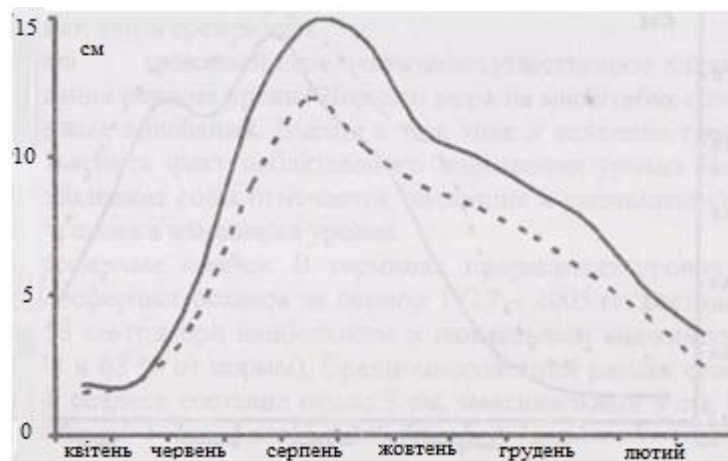


Рис.1.1.3. Річний хід вкладу випаровування в зміни рівня Чорного моря за 1946 - 1975 рр. (суцільна лінія), за 1976 - 2005 рр. (пунктир) [7]

Вплив випаровування на зміни рівня моря в масштабах міжрічних варіацій, очевидно незначне. Разом з тим, негативний тренд випаровування, який спостерігався в другій половині ХХ століття, вносив істотний внесок в зміни рівня моря (як чинник, що призводить до його підвищення).

*Баланс прісних вод.* Середньо багаторічний баланс прісних вод (1923 - 2005 рр.) становить 49 см в збільшеннях рівня моря при

максимальних і мінімальних значеннях 104 см і -0,2 см (212 % і 1 % від норми) [7]. Розкид екстремальних середніх багаторічних величин істотно більше, ніж для окремих компонентів балансу. Середньобагаторічний річний хід прибуткової частини можна розділити на два півріччя. З вересня по лютий більшу частину вкладу вносять опади, з березня по серпень - стік річок. В цілому за рік (рис.1.1.4.) внесок перших становить 45 %, других - 55 % прибуткової частини. Середньобагаторічний розмах сезонного сигналу становить близько 17 см. В даний час відзначається багаторічна тенденція зміни сезонного ходу, пов'язана зі зменшенням часу існування негативного балансу і загальним збільшенням величин позитивного балансу.

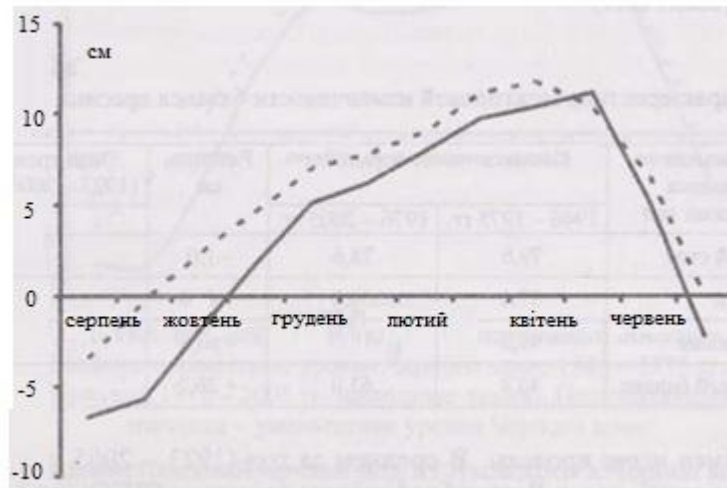


Рис.1.1.4. Річний хід вкладу балансу прісних вод в зміни рівня Чорного моря за 1946 - 1975 рр. (суцільна лінія), за 1976 - 2005 рр. (пунктир) [7]

У період 1976 - 2005 рр. практично в усі місяці відбулося зростання величини прісних вод, а негативний баланс спостерігається в середньому практично тільки в серпні; в липні і вересні він близький до нуля. До 15 см зменшився розмах сезонного сигналу. В цілому такий характер змін привів до збільшення норми більш ніж на 60 %, з 41 см (1946 - 1975 рр.) До 67 см (1976 - 2005 рр.). Практично в усі роки, за винятком 1950 року (аномально маловодного), вклад балансу прісних вод в зміни рівня був позитивний. На

фоні досить значних міжрічних коливань балансу прісних вод (15 - 45 см) виділяється позитивний тренд з розмахом 45 см. Нагадаємо, що приріст рівня моря за цей період склав близько 14 см. Такий розподіл величин повинен привести до значних змін в водообміні через Босфор, а саме, до збільшення відтоку вод з Чорного моря в Мармурове. Коефіцієнт кореляції для середньорічних значень рівня моря і збільшень, пов'язаних зі змінами балансу прісних вод, дорівнює 0,7. Взаємний спектральний аналіз рівня та балансу прісних вод виділяє піки на періодах 22,1; 9,3; 4,9. У більш високочастотній області функція когерентності різко зменшується. Таким чином, в останні 30 років відбулися значні кліматичні зміни, як окремих елементів балансу прісних вод, так і його в цілому (табл.1.1.1)

Таблиця 1.1.1 - Характеристики міжрічної мінливості балансу прісних вод [7]

Елемент балансу прісних вод	Кліматична норма, см		Різниця, см	Знак тренду (1923 - 2005 рр.)
	1946-1975 рр.	1976-2005 рр.		
Річний стік	79,6	78,6	-1,0	-
Опади	57,4	64,0	+ 6,6	+
Випаровування	96,2	75,6	-20,6	-
Прісний баланс	40,8	67,0	+ 26,2	-

*Обмін через протоки.* В середньому за рік (1923 – 2005 рр.) відтік чорноморських вод з Верхньобосфорським плином (ВБТ) дає зниження рівня в Чорному морі на 95 см, при максимумі - 128 см і мінімумі - 59 см. Відповідні величини для Нижньобосфорської течії (НБТ) складають 37, 65 см і 23 см. Таким чином, різниця між негативним внеском у рівень Чорного моря ВБТ і позитивним внеском НБТ (результуючий обмін) становить в середньому 58 см. Разом з тим, в останні 30 років відбулися певні зміни. У більшості місяців відзначається загальне збільшення результуючого обміну



(тобто відтоку вод з Чорного моря) через збільшення витрат ВБТ і зменшення витрати НБТ. Максимум обміну (як і для балансу прісних вод) змістився на квітень. В цілому відтік зріс на 23 % (з 83 до 102 см·рік<sup>-1</sup>), а приплив зменшився на 25 % (з 44 до 33 см·рік<sup>-1</sup>).

У багаторічній мінливості відзначається позитивний тренд витрати ВБТ (в термінах зміни рівня 0,32 см·рік<sup>-1</sup>) і негативний тренд витрати НБТ (0,18 см·рік<sup>-1</sup>). В сумі це дає величину кутового коефіцієнта тренда результуючого обміну - 0,50 см·рік<sup>-1</sup> (рис.1.1.5)

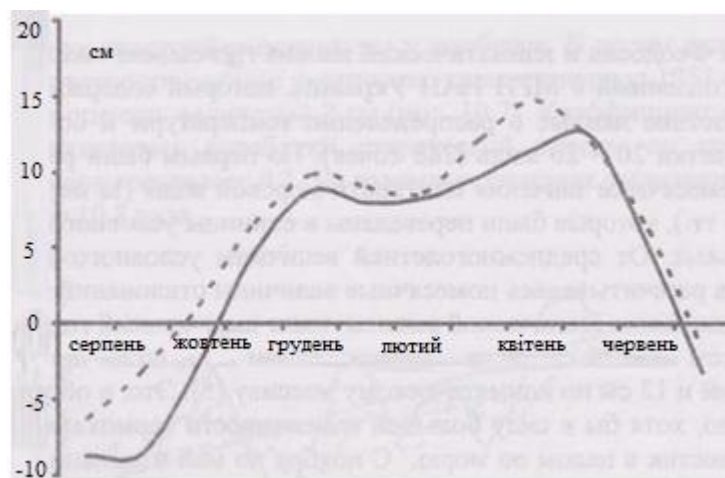


Рис.1.1.5. Річний хід вкладу результуючого обміну в Босфорі в зміни рівня Чорного моря. За 1946 - 1975 рр. (пунктир), за 1976-2005 рр. (суцільна лінія). Позитивні значення - зменшення рівня Чорного моря [7]

Середньобагаторічний приплив вод з Азовського в Чорне море дає підвищення рівня останнього на 11 см при максимумі 17 см і мінімумі 8 см. Величина зниження рівня Чорного моря внаслідок відтоку вод з Чорного в Азовське море становить в середньому 8 см, при максимумі - 11 см і мінімумі - 5 см. Таким чином, в середньому за рік перенесення вод з Азовського моря в Чорне позитивний, але дає дуже маленьку величину в зміна рівня (близько 4 см) при максимумі 11 см і мінімумі близько нуля. Міжрічна мінливість вкладу обміну в Керченській протоці в зміни рівня

Чорного моря виявляє негативну тенденцію. Незважаючи на малу величину кутового коефіцієнта тренда 1923 - 2005 рр.), Вклад припливу з Азовського моря в рівень Чорного моря зменшився на 2 см [9].

*Стеричні ефекти.* До змін обсягу вод в Чорному морі призводить і стеричний ефект, який пов'язаний зі змінами температури і солоності вод, а, отже, і їх щільності [8]. Для оцінки сезонних змін рівня моря, пов'язаних зі стеричним ефектом, використовувалися дані щодобових прибережних спостережень за температурою і солоністю на станціях Севастополь, Ялта і Феодосія і кліматичний масив гідрологічних даних, підготовлений в Морському гідрофізичному інституті НАН України, який містить середньобогаторічні дані про розподіл температури і солоності в вузлах сітки 20x20 міль (288 точок). За першим були розраховані середньомісячні значення щільності морської води (за період 1951 - 2005 рр.), Які були переведені в одиниці умовного питомого обсягу. Від середньобогаторічній величини умовного питомого обсягу розраховувалися помісячні величини відхилень.

Зміни стеричної висоти носять виражений річний хід, при цьому його розмах становить близько 9 см за даними прибережних станцій і 12 см по кліматичному масиву [10]. Це, загалом, природньо, хоча б в силу більшої мінливості термохалінних характеристик в цілому по морю. З листопада по травень зміни щільності призводять до зниження середнього рівня, а з червня по жовтень - до підвищення. Максимальний внесок змін щільності в підвищення рівня спостерігається в серпні, а в зниження - в лютому. Найбільший внесок в зміни щільності вносить термічна складова (рис. 1.1.6).

Для визначення довгострокових тенденцій зміни щільності води були розраховані лінійні тренди міжрічних змін температури і солоності за даними берегових станцій, розташованих на Кримському півострові (Ялта, Феодосія, Севастополь) і в північно-західній частині моря (Одеса, Очаків, Південний), за 1957 - 2005 рр. На всіх станціях виявляється негативний тренд по солоності (в середньому зменшення на 0,35 ‰) і невеликий позитивний по

температурі (збільшення на  $0,1 \text{ } ^\circ \text{C}$ ) [7]. Таким чином, і для температури, і для солоності спостерігається позитивна тенденція вкладу в багаторічне зменшення щільності (збільшення рівня). Оцінка зміни щільності показує її зменшення на 0,3 у.о. в поверхневому шарі моря протягом 1951 - 2005 рр., при цьому внесок змін солоності становить близько 90 %. За останні 30 років (1975 - 2005 рр.) величина кутового коефіцієнта тренда і по солоності, і по температурі вище, відповідно, вона вище і по щільності.

Необхідно зауважити, що особливо значно солоність стала зменшуватися з середини 70-х років, що можна пов'язати з помітним зростанням в цей час позитивної складової балансу прісних вод. У міжрічних коливаннях збільшення солоності відповідає зменшення температури і навпаки. В цілому внесок змін щільності в загальне збільшення рівня в період 1957 - 2005 рр. можна оцінити величиною 2 см. Коефіцієнт кореляції міжрічних коливань стержичної висоти із середнім рівнем моря становить 0,7. На взаємних спектрах виділяється пік на періоді 10,8 року.

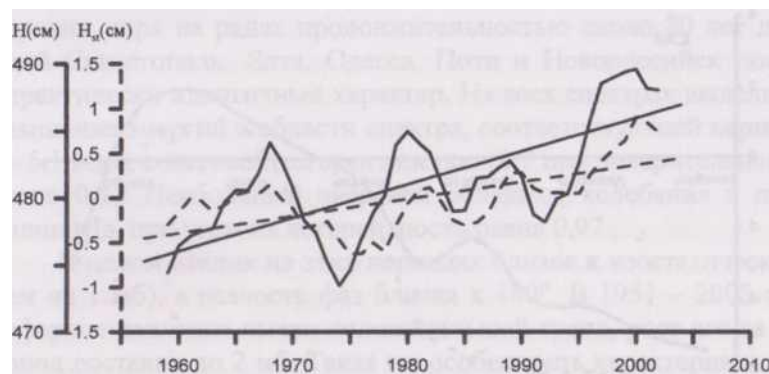


Рис. 1.1.6. Між річна мінливість рівня моря (суцільна) і стержична висота (пунктир). Осереднення по 5-ти років [10]

*Атмосферний тиск.* Виконано розрахунки середніх багаторічних змін рівня за рахунок статичної реакції на річний хід атмосферного тиску.

Необхідно відзначити, що середньо багаторічний атмосферний тиск на прибережних станціях і акваторії Чорного моря приблизно на 2 мб вище

нормального, однак, при розрахунках аномалій нами використовувалася величина 1013,3 мб, як загальноприйнята. Крім того, така процедура дозволяє простежити зміни кліматичної норми. Як видно, в річному ході розмах аномалій становить близько 8 см [10]. Середньобагаторічний максимум атмосферного тиску відзначається в жовтні, відповідно в цей місяць воно максимально знижує рівень. Мінімум тиску характерний для літа, в цей час воно діє як фактор підвищення рівня. В останні 30 років в усі місяці відзначається підвищення тиску, особливо помітне в холодний період року. В середньому за рік вона збільшилася в 1976 - 2005 рр. в порівнянні з попереднім 30-ти літнім періодом на 1,4 мб (рис.1.1.7). Оцінка сезонного ходу була виконана з припущення дії механізму зворотного барометра . Разом з тим, Чорне море є безприливним басейном, розміри якого можна порівняти з характерними просторовими масштабами атмосферних утворень. Підстроювання середнього рівня в цьому випадку, на відміну від умов відкритого океану, може відрізнитися від ефекту механізму зворотнього барометра.

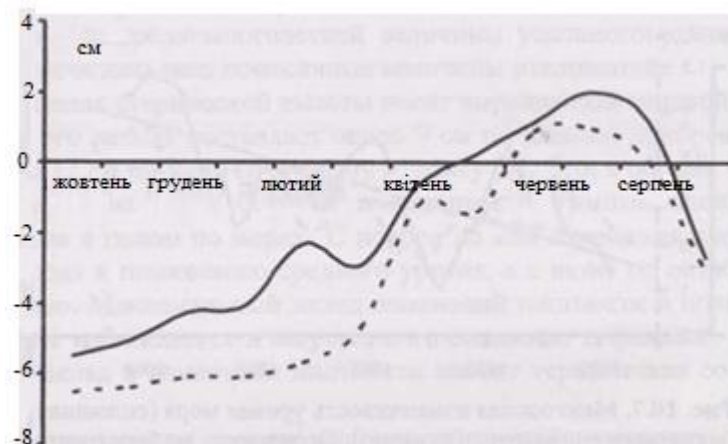


Рис.1.1.7. Річний хід змін рівня моря, обумовлений коливаннями атмосферного тиску, за 1946 - 1975 рр. (суцільна), за 1976 - 2005 рр. (пунктир)

Відгук рівня моря на вплив атмосферного тиску відрізняється від ефекту ПРО як за величиною, так і за фазою; крім того, він різний для різних часових масштабів впливу. Цей ефект проявляється в локальному відгуку в прибережній зоні і у відгуку середнього рівня моря. Більш докладно локальний відгук рівня Чорного моря на мінливість атмосферного тиску в прибережній і глибоководній частині Чорного моря розглянуто в [11]. Величина відгуку близька до механізму зворотнього барометру лише на періодах  $T \sim 3 - 4$  дні і  $T > 50$  днів, менше ізостатичного в основному на періодах від 4 до 50 діб і перевершує рівноважний відгук в високочастотній області спектра на періодах менше 2,5 днів. Аналіз складових відгуку рівня моря, пов'язаних з мінливістю атмосферного тиску і вітру, а також їх спектрів, показав, що для умов Чорного моря вони корелюють в протифазі. Це призводить до заниження амплітуди характеристичної функції для оцінки відгуку рівня на тиск до 50 % в квазіізостатичному режимі в діапазоні частот  $0,02 - 0,12$  цикл·доба<sup>-1</sup>. Тимчасовий масштаб виходу відгуку середнього рівня на квазіізостатичний режим дорівнює 45 - 50 діб. Таким чином, для адекватного опису відгуку рівня необхідно враховувати особливості низькочастотної мінливості полів вітру і тиску над Чорним морем.

Розрахунок взаємних спектрів коливань атмосферного тиску і рівня моря на лавах тривалістю близько 80 років для станцій Севастополь, Ялта, Одеса, Поті і Новоросійськ показав їх практично ідентичний характер. На всіх спектрах виділяється підвищення енергії в області спектра, що відповідає періодам 1,8 - 5,1 року, з високою когерентністю (0,7 при довірчому інтервалі 0,4). Найбільшою енергією володіють коливання з періодом один рік, при цьому їх когерентність дорівнює 0,97.

В цілому відгук на цих періодах близький до ізостатичних (0,8 см на 1 мб), а різниця фаз близька до 180°. У 1951 - 2005 рр. атмосферний тиск мав позитивний тренд, зростання його за цей період склав до 2 мб [12]. Така ж особливість характерна і для Східного Середземномор'я, більш того, характер міжрічної мінливості був близький. Таким чином, можна сказати, що в

багаторічної тенденції тиск діяв як фактор, що зменшує рівень Чорного моря. Виходячи з вищевикладених міркувань, внесок тиску в зміну рівня в зазначений період можна оцінити величиною близько 1,6 см. На масштабах міжрічних змін тенденції річного ходу трендів тиску добре узгоджуються з тенденціями трендів індексу Північно-Атлантичного коливання (ПАК), розрахованими для синхронного періоду часу. Протягом більшої частини року (за винятком літніх місяців) статистично значущі величини кутових коефіцієнтів трендів змінюються синфазно, що може свідчити про вплив глобальних процесів в системі океан - атмосфера на кліматичні умови Азово-Чорноморського басейну. Відзначимо, що зміни значущих коефіцієнтів трендів опадів і прісного балансу відбуваються синфазно і в протифазі до тиску.

*Сучасні тектонічні рухи.* Крім коливань, обумовлених вище розглянутими факторами, вимірювані висоти рівня містять сигнал, пов'язаний з геодинамікою узбережжя, на якому розташовані пости спостережень. Цей сигнал є удаваним, так як відбувається не від змін рівня, а від підняття або опускання берега, на якому розташований пост.

Детально це питання розглянуто в [10]. Виконані там оцінки показують, що північне узбережжя Чорного моря відчуває сучасне занурення, проте, за винятком району Одеси і Колхидської низовини, швидкості вертикальних рухів невеликі і варіюють навколо величини  $0,1 - 0,2 \text{ см} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

Для ще однієї оцінки швидкості вертикальних рухів скористаємося даними альтиметричних вимірювань з 1993 по 2010 рр. У цих даних явно відсутній сигнал, пов'язаний з тектонічними рухами. Тому, віднімаючи з тренда даних спостережень на станціях тренд супутникових даних, можна отримати величину вертикальних рухів. В якості вихідних використовувалися дані про повну загальні середньоальтиметричні рівні Чорного моря з дискретністю близько 10 діб. Для кращої порівнянності вибиралися значення з ряду спостережень на станціях узбережжя Криму. В

цілому по знаку і величині вони близькі до отриманих раніше (середнє відхилення близько  $0,05 \text{ см} \cdot \text{рік}^{-1}$ ) [10].

Подальші перспективи вирішення питання про вертикальні рухи земної кори на узбережжі Чорного моря пов'язані із застосуванням нових методів їх визначення. До таких методів, перш за все, необхідно віднести використання системи глобального супутникового позиціонування (GPS). Досягнута до теперішнього часу з її допомогою точність визначення вертикальних рухів становить  $1 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$  на ряді довжиною близько 10 років. Для порівняння, вимірювання на мареографі дають стандартну похибку визначення тренда приблизно  $0,5 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$  на ряді в 30 - 40 років.

Інший сучасний спосіб - абсолютна гравіметрія (визначення прискорення сили тяжіння в вакуумі). Він базується на уявленні про те, що відповідно до закону Ньютона зміна вертикального положення земної поверхні в 1 см еквівалентно зміни сили тяжіння в  $3108 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} 2$  або 3 мікрогалу. Використання методик вимірювання сили тяжіння із застосуванням гелій-неонових лазерів нового покоління і атомних рубідієвих годин дозволило досягти точності визначення в 3 - 4 мікрогалу. Таким чином, обидва способи мають практично еквівалентну точність. Немає сумнівів в тому, що точність визначення в майбутньому буде зростати.

*Твердий стік* (стік зважених часток, що містяться в річковій воді), витісняючи обсяг води, піднімає рівень моря. До теперішнього часу вклад цієї складової не враховувався.

Стік зважених часток в Чорне море оцінюється величиною  $68 \text{ т} \cdot \text{рік}^{-1}$ . З них 80 % припадає на 4 річки: Дунай ( $51\,200\,000 \text{ т} \cdot \text{рік}^{-1}$ ), Дністер ( $1\,730\,000 \text{ т} \cdot \text{рік}^{-1}$ ), Дніпро ( $800\,000 \text{ т} \cdot \text{рік}^{-1}$ ), Південний Буг ( $200\,000 \text{ т} \cdot \text{рік}^{-1}$ ) [10]. Приймавши середню щільність частинок рівней 2,75 [10], щорічний обсяг опадів, відкладаються на дні, можна оцінити величиною  $0,025 \text{ км}^3$ , що в перерахунку на зміну рівня дає величину приблизно 6 мм за 100 років (без урахування зміни площі басейну), що на два порядки перевищує оцінку, зроблену для Світового океану в цілому. У разі якщо вага опадів викликає

ізостатичне опускання дна, ця величина буде менше. Оцінка кількості твердого матеріалу, що потрапляє в море за рахунок абразії берегів дає величину більш ніж на порядок меншу, в порівнянні з твердим стоком річок.

## **1.2 Згінно-нагінні коливання рівня моря.**

Протягом року рівень води у прибережній частині моря відчуває неперіодичні коливання, викликані місцевим вітром та вітрами, які охоплюють всю площу моря [13].

У мілководних частинах моря, в заливах і бухтах найбільші згони й нагони формуються під дією вітру, направлено перпендикулярно до лінії берега. Навпроти, біля приглибих берегів максимальний розвиток згінно-нагінної циркуляції настає при вітрах, які дмуть паралельно береговій лінії. Під дією сили Коріолісу в дрейфових потоках виникає поперечна циркуляція вод, спрямована до берега чи від нього. У першому випадку виникає нагін поверхневих вод до берега, у другому – їх згін. Нормальна складова течії в придонному шарі має напрям, протилежний відносно поверхневому шару, при нагоні вона спрямована в бік моря, при згоні – в бік берега. Глибинна компенсаційна течія безперервно відновлює втрату поверхневих згінних вод, у результаті чого у приглибих берегів при згонах спостерігається швидке пониження температури води і відносно невеликі коливання рівня [7, 8].

За даними А.К.Богданової [14], при сильних згонах у приглибих берегів спостерігається вихід на поверхню вод холодного шару, який знаходиться у Чорному морі на глибині 50-75 м. При цьому поверхневі більш теплі води відходять від берегів в море на декілька км. Богдановою були визначені значення згінно-нагінних складових течії в поверхневому і придонному шарах.

Встановлено, що при швидкості дрейфової течії, яка дорівнює 40-60  $\text{см}\cdot\text{с}^{-1}$ , швидкість нормальних складових течії на поверхні моря



коливається від 3 до 10  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Дальність розповсюдження згонів у приглибих берегів в горизонтальному напрямку у весняно-літній і осінній період складає 7-8 миль. В зимній період вона збільшується до 15-20 миль. Підйоми й опускання вод у берегів під час згінно-нагінних течій сприяють вертикальному обміну у верхньому 150-200-метровому шарі, що має важливе значення для біологічного життя моря [15].

Кількісні оцінки відносно ролі вітру і тиску у формуванні згінно-нагінних коливань рівня в районі західного і північно-західного узбережжя Чорного моря отримані наступними методами [16, 17].

В дослідженні особливостей формування рівня біля Болгарського узбережжя [16] використовувалися методи спектрального аналізу лінійних систем з трьома входами (атмосферний тиск і два компонента вітрового навантаження) й одним виходом (коливання рівня моря з відфільтрованими припливними і сезонними коливаннями). Розглядалися 7-місячні ряди спостережень за квітень-жовтень 1979 р. З'ясувалось, що найважливішу роль у формуванні рівня даного району відіграє вздовжбереговий компонент вітрового навантаження.

Когерентність між рівнем й цим компонентом в діапазоні частот 0-0,5  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$  має наступні значення для різних станцій: Варна – 0,5  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$ ; Іракли – 0,45  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$ ; Бургас – 0,25  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$  (у літній період) і 0,40  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$  (у зимній); Ахтопол – 0,25  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$  (літом) і 0,45  $\text{цикл}\cdot\text{доба}^{-1}$  (зимою).

Другим компонентом, який впливає на коливання рівня, є нормальна складова вітрового навантаження. Атмосферний тиск відіграє дуже малу роль у створенні згінно-нагінних коливань.

Аналогічні методи аналізу [17] були використані для дослідження коливання рівня моря, обумовлених метеорологічними факторами, в порту Іллічівськ. Використовувалися ряди спостережень за рівнем моря, вітром й атмосферним тиском за 1977 р. Основний вклад в коливання рівня вносить вітер, тиск надає менше значення. Значення регресивних коефіцієнтів для

системи складова вітру – рівень розраховані по осередненим значенням модулів відповідних частотних характеристик, 1,377 см (см·с<sup>-1</sup>) для зонального компоненту і 1,561 см (см·с<sup>-1</sup>) для меридіанального (рис.1.2.1).

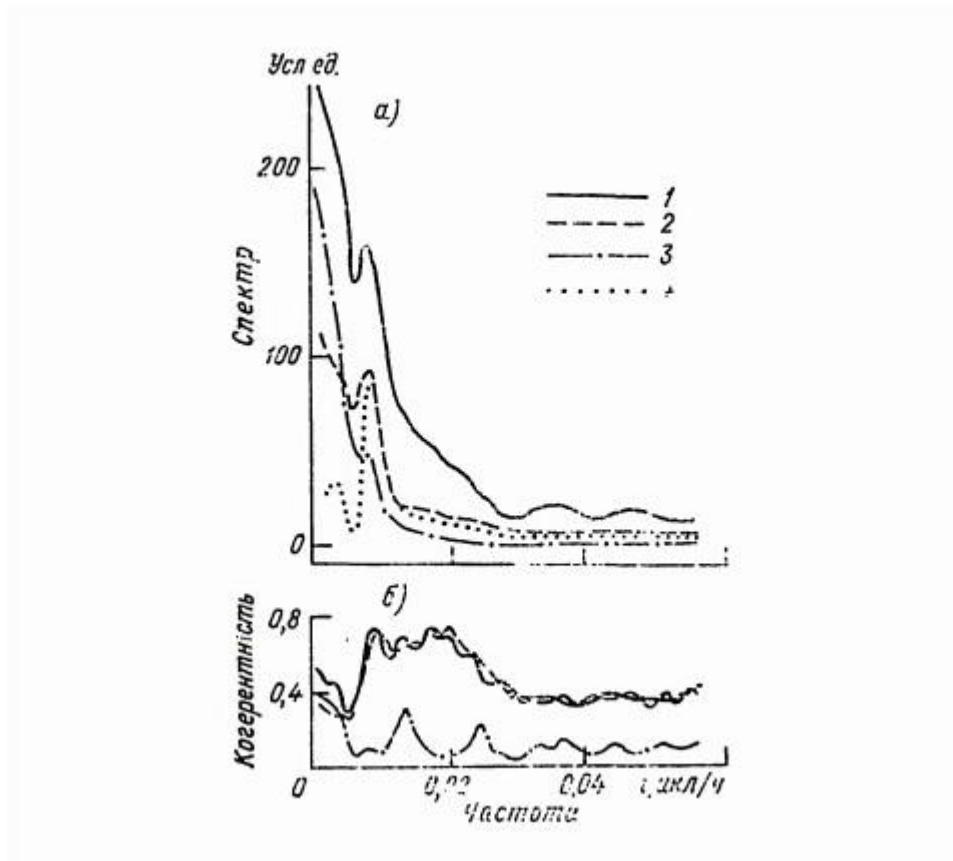


Рис.1.2.1. Спектральні характеристики лінійної системи з двома входами (атмосферний тиск, модуль швидкості вітру) й одним входом (рівень моря) для станції Іллічівськ

а) спектри кінетичної енергії вітру (1), атмосферного тиску (2), рівня моря (3) і розрахованого рівня (4)

б) частотні когерентності швидкості вітру (1) й атмосферного тиску (3) з рівнем моря, множинна когерентність (2) [17]

На коливання рівня також здійснюють вплив конфігурація берегової лінії, рельєф дна та гідрологічні умови прибережної зони моря.

Сумарний вплив всіх факторів приводить до різноманіття згінно-нагінних коливань в прибрежній зоні моря [14]. Деякі уявлення про межі мінливості рівня, обумовлені згонами-нагонами в різних районах моря, дають розмахи рівня по екстремальних його значеннях за багаторічний період, результати яких представлено на рис. 1.2.2.

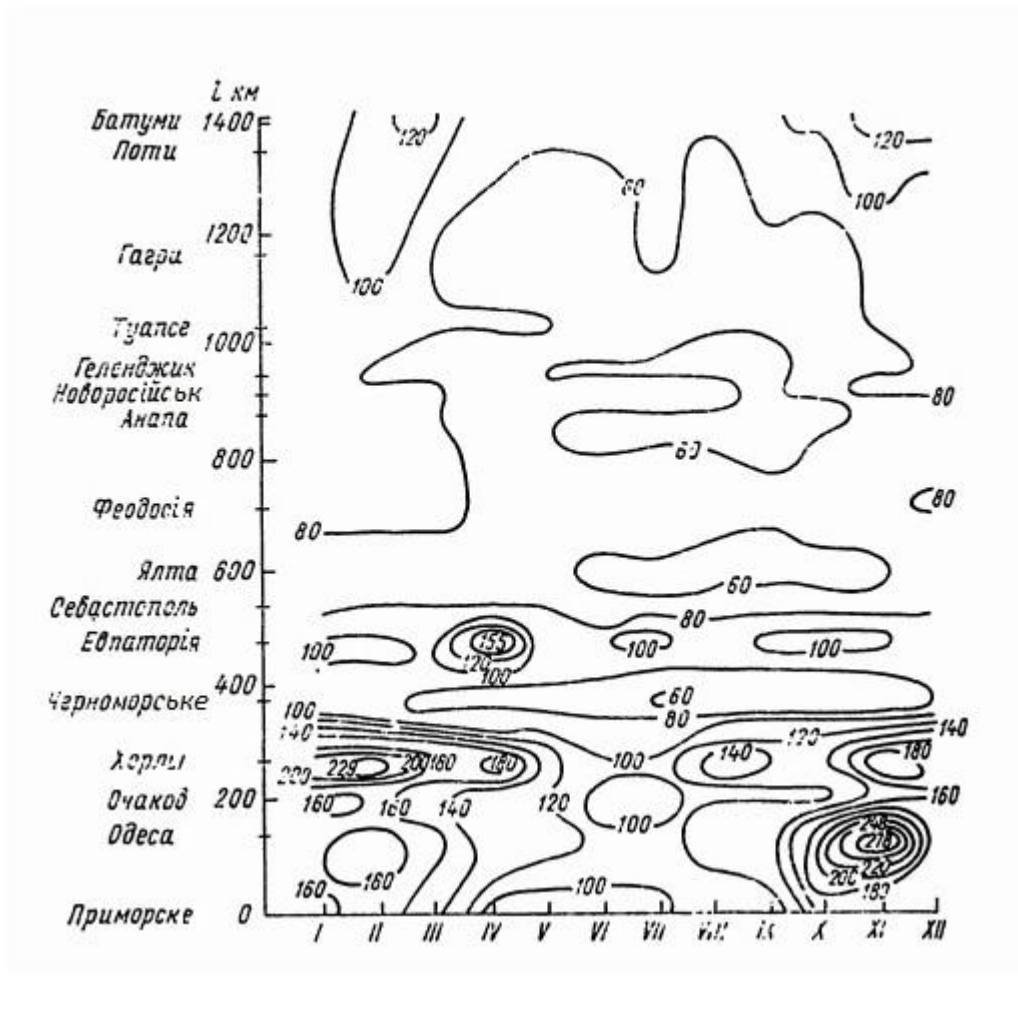


Рис.1.2.2. Екстремальні місячні розмахи рівня моря в прибрежній зоні, см

Вирішальним фактором згінно-нагінної циркуляції є вітер – його швидкість і напрямок.

Протягом року над Чорним морем переважають вітри північно-східної чверті, які складають 35-40 % річної повторюваності усіх напрямків; у зимові і осінні місяці їх повторюваність в певних районах збільшується до 40-50 %.

Шторми цього напрямку спостерігаються рідко над усім морем, частіше вони охоплюють північно-східний район і північні берега [8].

На південно-східному и південному узбережжі Криму, які знаходяться під захистом Кримських гір, повторюваність північно-східних вітрів значно менше, а в південно-східній частині моря, захищеної з північного сходу Кавказькими горами, сильних вітрів цих напрямків майже зовсім не буває [15].

Наступне місце по повторюваності на узбережжі Чорного моря займають вітри південно-східної і східної чверті. Повторюваність їх протягом року 25-30 %, а в окремі літні місяці вона збільшується до 35-40 %.

Під впливом північно-східних штормових вітрів в Чорному морі виникають стійкі дрейфові течії, напрямлені на захід з нагінною складовою поперечної циркуляції, обумовлюючою підйом глибинних вод в центральних районах моря. Ці вітри викликають нагін води біля північного і західного берега моря і створюють підпір води на Дністрі і Дунаї [18].

Західні й південно-західні вітри викликають згони в західній половині Чорного моря та Південного берега Криму. Особливо великі та тривалі згони спостерігаються в тих випадках, коли південні штормові вітри замінюються західними. При цьому виникають поверхневі течії, напрямлені вздовж північного побережжя моря з заходу на схід. Інколи згони розповсюджуються на значні відстані вздовж узбережжя, досягаючи берегів Криму, а деколи і Кавказу.

Найбільш значні згони і нагони викликають сильні (6 балів і більше) і тривалі вітри одного напрямку, які охоплюють велику частину акваторії моря.

Розглянемо приклади дуже великих згінно-нагінних коливань рівня при штормових вітрах різних напрямків. В якості відлікового горизонту при визначенні згонів-нагонів прийнятий середній місячний рівень.

7-10 березня 1970 над Чорним морем спостерігався сильний шторм північно-східного і східного напрямків, обумовлений взаємодією

обширного антициклону, що розташовувався над Європейською територією Союзу, і дипресією над Туреччиною і Середземним морем (рис. 1.2.3).

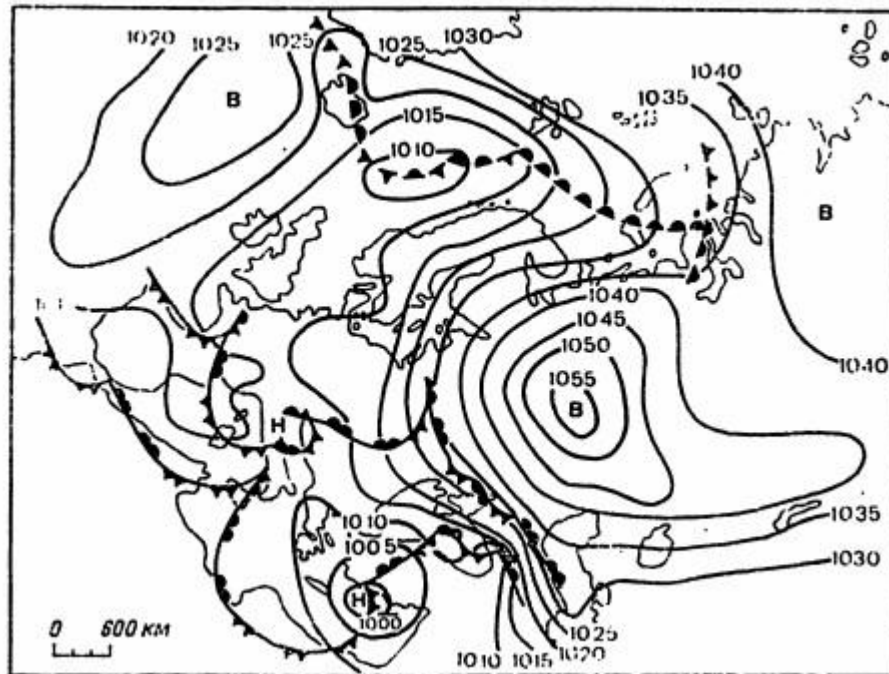


Рис. 1.2.3. Синоптична карта 9 березня 1970 р 15 год 00 хв [8]

Південно-східний вітер, що спостерігався ввечері 7 березня і поступово підсилювався 8 березня до 10-12 м·с<sup>-1</sup>, змінив напрямок на східне і північно-східне і досяг 9 березня максимальної швидкості 18-25 м·с<sup>-1</sup>. На ряді станцій пориви вітру досягали 30-35 м·с<sup>-1</sup>, а в Чорноморському - 40 м·с<sup>-1</sup>. Сильний вітер, що тривав протягом 2 діб, викликав підйом рівня в Одеській та Феодосійській затоках і спад рівня в Каркінітській затоці і у берегів Кавказу. Коливання рівня моря в цей період простежуються на графіку ходу строкових значень рівня моря і вітру (рис. 1.2.4).

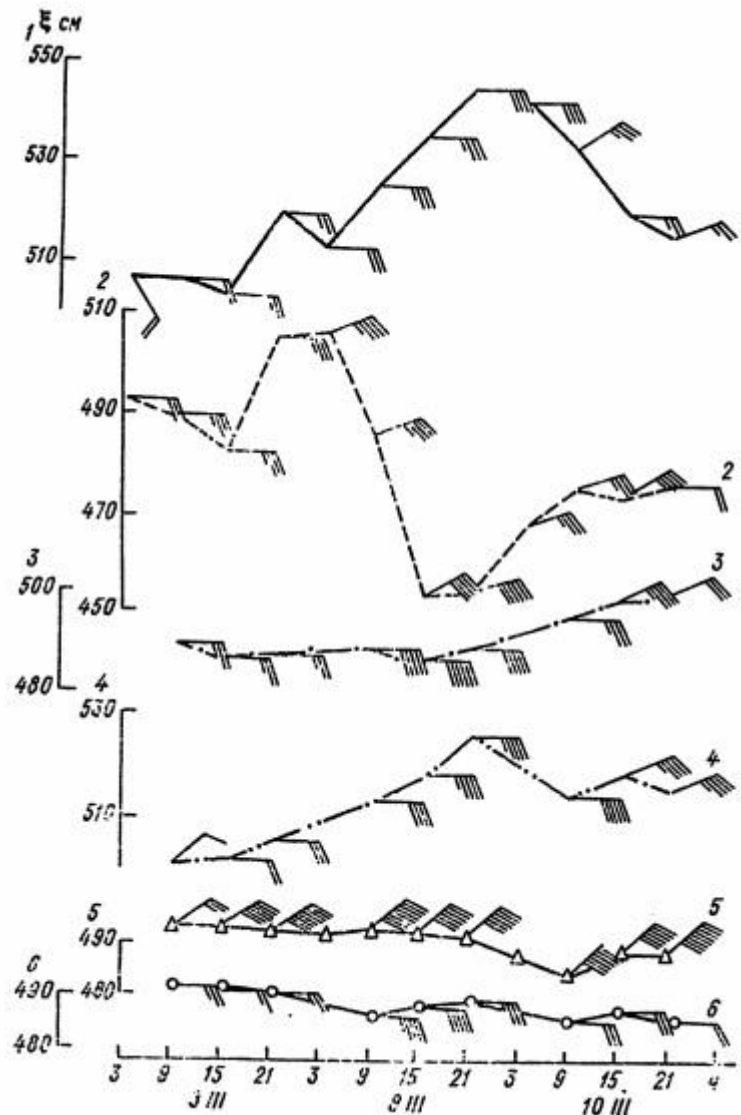


Рис.1.2.4. Хід рівня в прибережній зоні у березні 1970 р по даним строкових спостережень: 1 – Одеса; 2 – Хорли; 3 – Чорноморське; 4 – Феодосія; 5 – Новоросійськ; 6 – Поті [8]

Тривалість нагону та згону рівня склала за даними рівневих постів близько 1,5 діб [8]. Найбільші коливання рівня відзначалися в північно-західному районі моря. Максимальне за годину нагона перевищення рівня над середнім місячним значенням склало в Приморському 81 см, Одесі - 46 см, у Феодосії - 27 см.

25-27 листопада 1964 року спостерігався шторм північно-західного напрямку. Шторм виник при проходженні через Чорне море циклону,

розташованим над Ботнічною затокою. Циклон рухався на південний схід зі швидкістю  $40 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ . Швидкість вітру в північно-західному районі моря досягала  $16\text{-}24 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , в Кримському і Керч-Туап-сінському -  $20\text{-}30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Поле атмосферного тиску представлено на рис. 1.2.5.

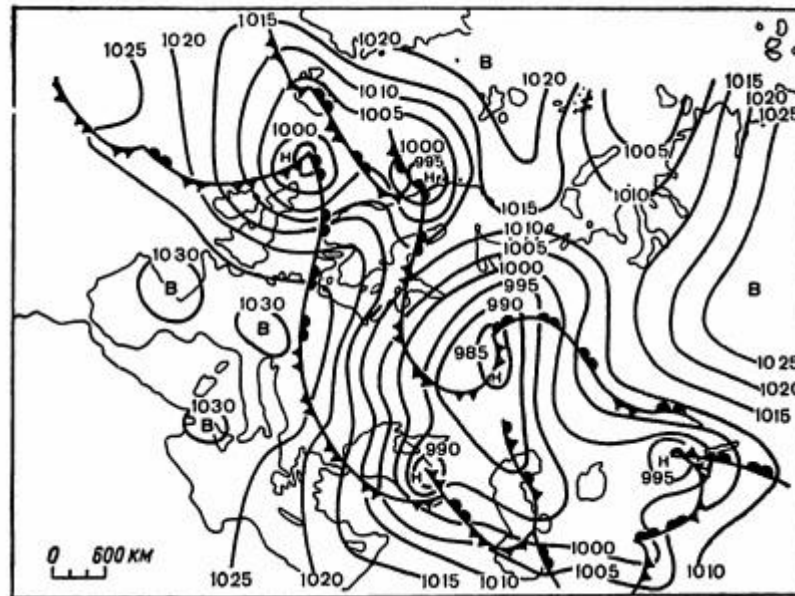


Рис. 1.2.5. Синоптична карта 26 листопада 1964 р 15 год 00 хв [8]

Викликаний штормом згін послідовно поширювався з півночі на південь і охопив усе радянське узбережжя Чорного моря (рис. 1.2.6).

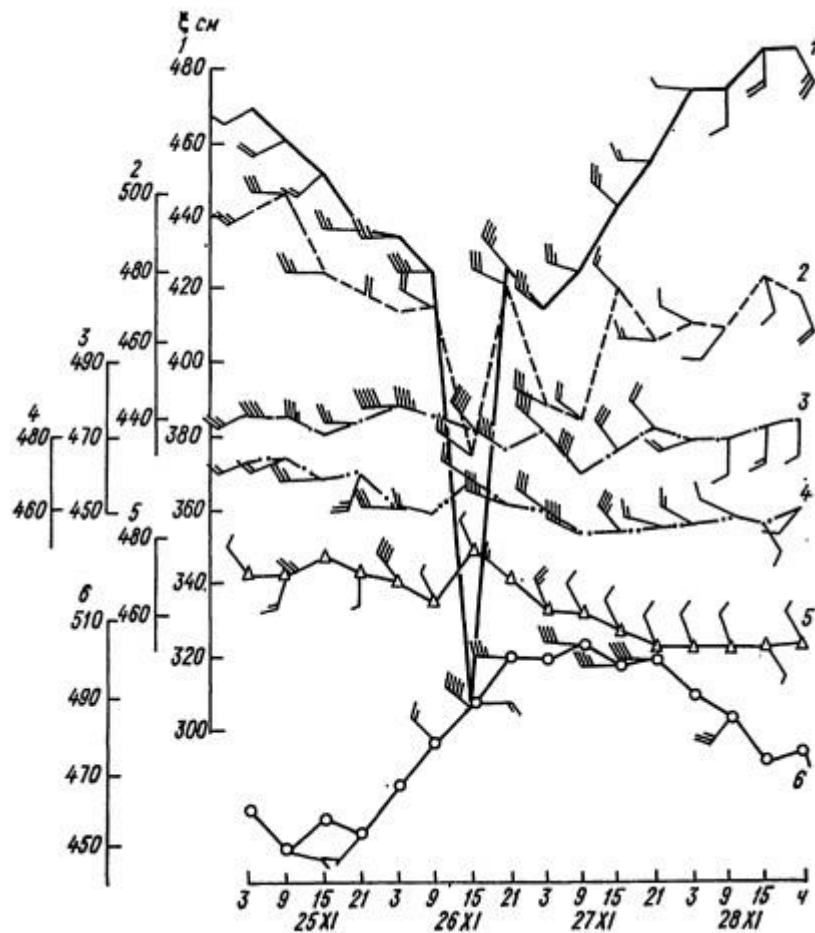


Рис. 1.2.6. Хід рівня в прибережній зоні в листопаді 1964 р. по даним строкових спостережень: 1 – Одеса; 2 – Хорли; 3 – Чорноморське; 4 – Феодосія; 5 – Новоросійськ; 6 – Поті [17]

25 листопада 1964 року біля північного узбережжя моря спостерігався південно-західний вітер швидкістю до  $9 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , у другій половині дня він змінив напрямок на західний. В ніч на 26 листопада вітер став посилюватися і на ранок 26 листопада його швидкість на ряді станцій досягала вже  $14\text{-}16 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Продовжуючи посилюватися, вітер перейшов до північно-північно-західного і північно-західного напрямів. Максимальної швидкості він досяг об 11 год 26 листопада. Під дією вітру 25 листопада відбулося пониження рівня біля західного і північно-західного узбережжя моря. В Одесі протягом 6 год рівень знизився на 42 см. При незначному ослабленні



вітру (до  $8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ) почалося компенсаційне підвищення рівня, яке в 5 год 40 хв 26 листопада під час наростання швидкості західного вітру в проміжок між 9 год 30 хв і 13 год змінилося швидким падінням рівня, що тривало протягом 7 год. За цей час рівень впав на 175 см. Інтенсивність падіння склала близько  $25 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ . Мінімальний рівень (282 см) в Одесі був зафіксований в 12 год 30 хв. Стояння рівня моря на мінімальній позначці тривало протягом 2 год.

Біля Кавказького узбережжя в цей час спостерігалось підвищення рівня. Воно було викликане підпором води, обумовленим вітрами, що дмуть назустріч переважній течії. Максимального розвитку згін досяг тут на 47 годин пізніше, ніж у північно-західному районі. Величини згону не перевищили 10-12 см, що пояснюється швидкою компенсацією поверхневих вод глибинними, що виявилася також у зниженні температури, хоча не настільки різкому, як це буває влітку, але все ж добре вираженому у всій прибережній зоні від Вилково до Батумі [16].

Над Чорним морем 17 жовтня 1958 спостерігався шторм південно-східного напрямку, виникший при проходженні передньої частини поглиблюючого циклону, який швидко рухався з півдня Балканського півострова в північно-східному напрямку. При цьому швидкість південно-східного вітру місцями сягала  $20-24 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ . Посилення вітру почалося вночі 17 жовтня і тривало протягом 10-12 год. У північно-західній частині моря вітер досяг максимальної швидкості об 13 год, в східній частині - на 6-8 год пізніше (рис. 1.2.7).

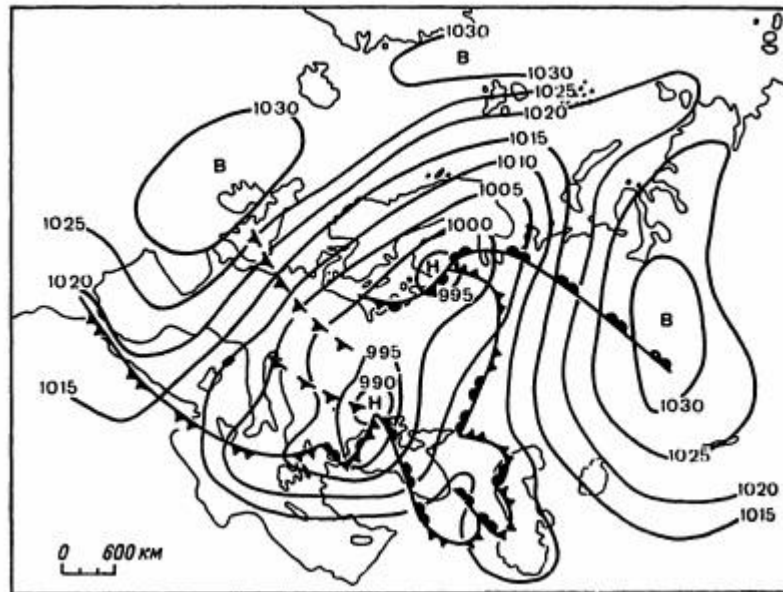


Рис. 1.2.7. Синоптична карта за 15 год 17 жовтня 1958 р. [8]

Південно-східні та південні вітри викликали згін води у Кавказького узбережжя і біля східного узбережжя Криму і нагін біля західного і північного узбережжя моря і біля західного узбережжя Криму (рис. 1.2.8).

Максимального значення (571 см) рівень досяг в Одесі. При переході в кінці дня вітру від південно-східного до південно-західного напрямку зі швидкістю  $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  почалося підвищення рівня у Кавказького і Кримського узбережжя і падіння його біля західного і північно-західного узбережжя моря.

Таким чином, під час штормів на всіх станціях спостерігалися цілком узгоджені зміни рівня моря. Коливання, відмічені на станціях в північно-західній частині моря, простежувались і на станціях у Кримського і Кавказького узбережжя, але на заході моря вони наступали раніше і розмахи їх були більше, ніж на сході.

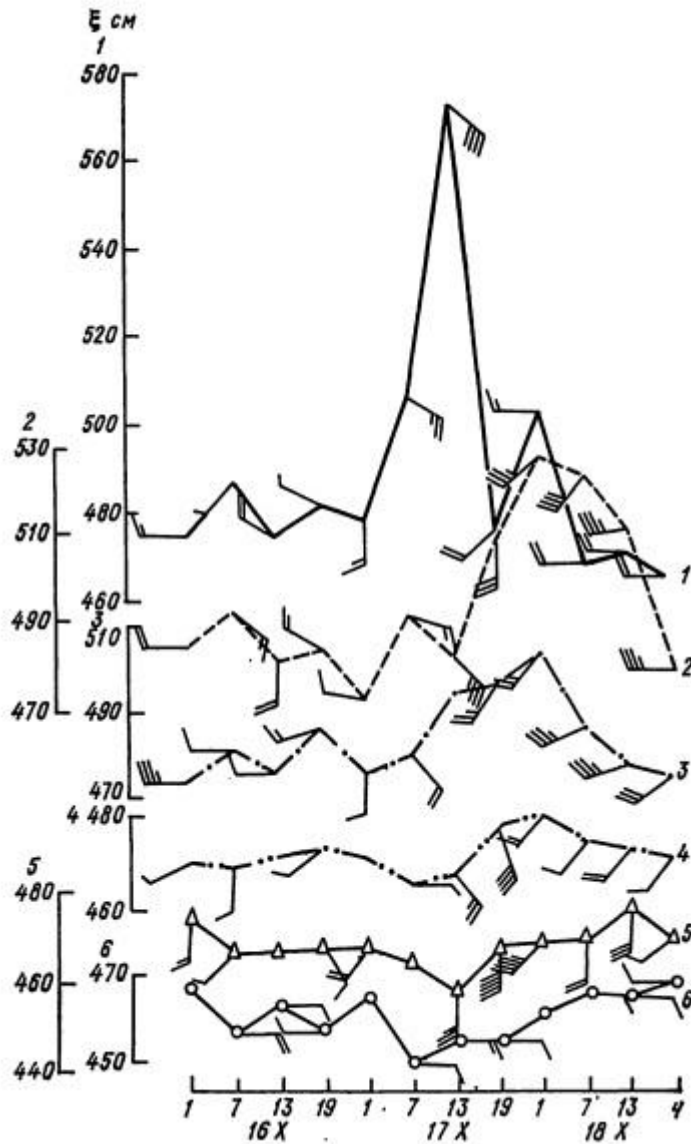


Рис. 1.2.8. Хід рівня моря в прибережній зоні у жовтні 1958 р по даним строкових спостережень: 1 – Одеса; 2 – Хорли; 3 – Чорноморське; 4 – Феодосія; 5 – Новоросійськ; 6 – Поті [8]

Для узагальнення матеріалів спостережень за рівнем моря при згінах-нагінах [8] були використані фактичні спостереження прибережних гідрологічних станцій за багаторічний період. З аналізу матеріалів спостережень за чотири строки за рівнем моря за період з 1948 по 1980 роки випливає, що в західному районі моря (Приморське) найбільш сильну нагінну дію мають східно-північні, східні та північно-східні вітри, у північно-

західній частині моря (Одеса, Очаків) - південно-східні вітри і в Каркінітській затоці (Хорли, Чорноморське) - південні і південно-західні вітри.

Найбільш сильні згони в західній та північно-західній частинах моря (виключаючи Каркінітську затоку) викликають західні і північно-західні вітри.

У Каркінітській затоці (за даними ст. Хорли) найбільшу згінну дію роблять вітри північно-північно-східних і північно-східних напрямів. У Кримського та Кавказького узбережжя, де згінно-нагінне коливання рівня виражене значно слабкіше, різниця у впливі вітрів різних напрямків згладжується. На станціях, розташованих у цих районах, при деяких напрямках вітру спостерігаються і згони, і нагони. Це пов'язано з тим, що на формування згонів і нагонів в глибоководних частинах моря найчастіше впливають не місцеві вітри, а вітри, що дмуть над відкритим водним простором, які в більшості випадків не фіксуються береговими спостереженнями, так як гори значно змінюють швидкість і напрямок вітрового потоку [8].

Найбільш значні нагонні та згонні коливання рівня (>30 см) відзначалися в осінньо-зимній період в західному і північно-західному районах моря. Максимальний нагін в Приморському районі зафіксований у лютому (115 см), а максимальний згін - у жовтні (76 см). В Одесі максимальний нагін відзначений у жовтні (100 см), а максимальний згін - в листопаді (182 см). У Хорлах максимальний нагін був зареєстрований в лютому (112 см), а максимальний згін - у січні (93 см).

У північно-західному і західному районах моря найбільша кількість згінів-нагінів за даними 4-строкових спостережень становить 30-40 см. Такі згони і нагони в Приморському та Очаківі спостерігаються восени, взимку і навесні. В Одесі і в Хорлах вони бувають протягом усього року, але в літній час їх повторюваність незначна. Коливання, які перевищують 40 см, спостерігаються рідко і тільки восени і взимку. У Приморському за період з

1952 по 1963 р. нагони більше 40 см склали 3,9 % і згини 2,0 % всіх випадків, в Одесі за період з 1948 по 1980 рр. нагін склав 1,6 % і згін - 7,0 %, в Хорлах нагін та згін відповідно спостерігалися в 4,0 і 6,1 % випадків. Сильні згони і нагони, що перевищують 50 см, спостерігалися ще рідше. Повторюваність нагонів більше 50 см у Приморському, Одесі, Очакова і Хорлів склала відповідно 1,9; 0,5; 0,2; 1,8 %, згони - 0,4; 3,2; 0,7; 2,0 % всіх випадків.

Таким чином, в районі Приморського за багатолітній період виявляється переважання сильних нагонів над згинами, в районі Одеси і Очакова - переважання сильних згонів над нагонами, в районі п. Хорли співвідношення між кількістю сильних згонів і нагонів приблизно однаково. Згони і нагони, що перевищують 60 см, бувають дуже рідко.

Біля Кримського узбережжя згони і нагони невеликі і рідко перевищують 20 см. Однак в одиничних випадках в окремих пунктах узбережжя спостерігаються згони і нагони 30-40 см.

Біля Кавказького узбережжя згони і нагони рідко перевищують 20 см і ще рідше 30 см.

Дані натурних спостережень добре узгоджуються з теоретичними розрахунками М. Енгеля [8]. Використовуючи НН-метод, Енгель розрахував вітрові нагони для акваторії Чорного моря при вітрах різних напрямків. Так, східний вітер силою  $20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  викликає нагін близько 55 см в районі Вілково і 44 см в районі Одеси, а південний вітер відповідно 70 см і 66 см. Максимальний нагон (79 см) в районі Одеси відзначений при південно-південно-східному вітрі.

Значний інтерес для практичних цілей представляє знання тривалості та інтенсивності спадів рівня при згонах і підйому - при нагонах.

За початок спаду при згоні приймалася найвища точка в положенні рівня моря до початку явища, а за початок підйому при нагоні - найнижча. Величина спаду (підйому) рівня визначалася як різниця між рівнем на початку явища і в момент досягнення нею мінімального (максимального)

значення. Проміжок часу між початком і закінченням спаду (або підйому) вважався тривалістю (табл. 1.2.1).

Табл. 1.2.1 - Характеристики значних (більш 30 см) підйомів (1-й рядок) та спадів (2-й рядок) рівня моря на ст. Одеса та Феодосія з роботи [8]

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Одеса (1958-1980)												
Кількість випадків за всі роки	23 30	9 23	11 11	5 3	2 7	— 10	4 7	2 9	3 10	7 21	11 25	20 23
Середня тривалість, год	16,5 19,2	19,6 17,7	23,4 15,5	13,9 12,9	8,2 11,5	— 10,0	9,1 10,5	30,3 13,8	10,1 13,2	20,4 13,9	11,4 15,0	15,4 15,2
Середня інтенсивність, см/год	3,5 4,0	2,2 5,0	4,7 4,8	3,2 3,8	5,1 5,1	— 6,0	5,2 5,8	3,6 5,6	6,8 4,6	4,2 4,9	5,1 6,5	3,6 4,9
Феодосія (1958-1970)												
Кількість випадків за всі роки	9 5	5 —	5 —	1 1	1 —	— —	— —	— —	1 1	1 3	1 4	5 4
Середня тривалість, год	25,9 9,0	22,9 —	23,9 —	15,8 20,8	13,6 —	— —	— —	— —	29,4 4,4	8,4 28,3	13,0 11,4	30,1 21,3
Середня інтенсивність, см/год	1,1 1,4	0,7 —	0,9 —	1,7 1,0	1,3 —	— —	— —	— —	0,7 4,5	2,3 0,8	1,6 2,0	1,1 1,3

Аналіз тривалості підйомів і спадів рівня моря в північно-західній частині моря показав, що вона змінюється в широких межах (2-57 год) і залежить від швидкості вітру, його тривалості і стійкості в напрямку. Підйоми і спади однакової величини часто мають різну тривалість. Так, спади в межах 70-80 см, що спостерігаються в Одесі, мали тривалість 7-57 год. Найбільший спад, склавший 175 см, мав тривалість 6 год 50 хв, а найбільший підйом (100 см) тривав 13 год 10 хв. Характерним для Каркінітської затоки (за даними ст. Хорли) є невелика тривалість підйомів і спадів. У 30-40% всіх випадків підйоми і спади були тут впродовж 5-10 год, в 20% випадків - впродовж до 5 год.

У Кримського узбережжя підйоми і спади більш тривалі, ніж у північно-західному районі. У районі Феодосії підйоми тривалістю 20-25 год складають 31 %, а спади тривалістю 10-15 год - 55,5 %. Не тривалі спади і підйоми (5-10 год) відзначалися дуже рідко - 3-5 % всіх випадків.

У Кавказького узбережжя в 40 % випадків підйоми і спади рівня тривали 15-20 год. Повторюваність підйомів і спадів тривалістю 5-10 год дуже незначна [16].

Таким чином, в мілководній північно-західній частині моря підйоми і спади протікають швидше, ніж на глибині біля кримських і кавказьких берегів. Середня швидкість зміни рівня моря при його підйомі та спаді становить в Одесі та Очакові 2-6 см·рік<sup>-1</sup>, в Хорлах 4-8 см·рік<sup>-1</sup>, у Феодосії, Новоросійську, Туапсе, Поті, Батумі 1-2 см·рік<sup>-1</sup>. Максимальна швидкість при підйомі і спаді в пунктах північно-західного узбережжя моря досягає 20-25 см·рік<sup>-1</sup>, в інших пунктах узбережжя - 3-6 см·рік<sup>-1</sup>.

Підйоми і спади рівня екстремальної тривалості відбуваються восени і взимку, тоді само відзначається і їх найбільша інтенсивність. Найвищі і найнижчі рівні спостерігалися під час згонів і нагонів (табл. 1.2.2).

Табл. 1.2.2 - Характерні значення рівня Чорного моря за даними багаторічних спостережень з роботи [8]

Рівневий пост	Період спостережень	Рівень моря за період спостережень від одиниці нуля поста				
		середній см	найвищі		найнижчі	
			см	дата	см	дата
Приморське Одеса	1851—1885	485	613	10 II 1879	386	28 X 1869
	1875—1940, 1944—1985	477	571	17 X 1958	282	29 XI 1964
	1874—1885, 1887—1896, 1899—1914, 1920—1940, 1944—1985	472	556	2 V 1978	376	5, 6 II 1932
Хорли	1923—1941, 1943—1985	474	620	10 XI 1981	354	21 I 1937
	1927—1941, 1944—1985	484	536	22 V 1978	440	10 XII 1953
Чорноморськ	1917—1941, 1945—1985	479	549	6 VI 1923	388	1 IV 1938
Євпаторія	1875—1876, 1878—1879, 1882—1888, 1890—1911, 1944—1985	472	529	17 VII 1941	428	13 XI 1920
Севастопіль	1027—1088	476	616	22 V 1970 13 I 1982	437	30 XII 1953
Феодосія	1912—1941, 1946—1985	476	532	6 III 1979	416	26 I 1921
Анапа	1923—1940, 1943—1985	477	526	18 III 1970	439	6 II 1925
Новоросійськ	1924—1941, 1947—1985	475	526	26 XI 1955	427	24 I 1925
Геленджик	1944—1985	473	531	6 I 1975	432	14, 15 XII 1915, 9 II 1954, 21, 22 XI 1958
Туапсе	1917—1959	476	520	17 V 1941	422	29 XII 1924
Сухуми	1926—1985	477	555	20 IV 1958	433	12 III 1930
Поті	1874—1914, 1923—1985	473	535	XII 1882	413	XI 1874
Батумі	1852—1914, 1925—1985	476	574	XII 1916	434	II 1894

## **2 ЗГІННО-НАГІННІ КОЛИВАННЯ В РАЙОНІ ПОРТУ ІЛЛІЧІВСЬК.**

Дія сильних вітрів над морем приводить до згінно-нагінних коливань рівня. Особливе значення мають ці коливання на господарську діяльність в прибережній зоні моря – в акваторіях портів, де при підвищенні рівня виникає загроза затоплення прилеглих територій, а при пониженні – посадки суден на мілину. Тому дослідженню мінливості згінно-нагінних коливань рівня моря приділяється велике значення. Особливо важні ці дослідження на фоні загального підвищення рівня Чорного моря. В літературних джерелах приводяться деякі оцінки з мінливості характеристик згінно-нагінних коливань в Північно-Західній частині Чорного моря, в тому числі такі дані маються для порту Одеса [2,8,10].

Порт Іллічівськ являється одним з крупних морських портів Північно-Західної частини Чорного моря, де згінно-нагінні коливання також здійснюють вплив на господарську діяльність.

### **2.1 Історія розвитку та розташування порту Іллічівськ.**

У 1949 році Рада Міністрів СРСР прийняла постанову, у якій визначили правий берег гирла Сухого лиману як місце майбутнього будівництва суднобудівного заводу закритого типу та робітничого селища на 40 тис. жителів. На підставі вищевказаної постанови рішенням Овідіопольської райвиконкому від 20 січня 1950 року були проведені відведення земель під будівництво заводу № 490 і робочого селища, якому 11 серпня 1952 року Указом Верховної Ради УРСР було присвоєно назву Іллічівськ [19].

Історія Іллічівського морського торговельного порту почалася в 1956 році, коли у зв'язку з бурхливим розвитком зовнішньо торговельних зв'язків СРСР і зростаючими обсягами вантажопотоків, за ініціативою начальника Чорноморського морського пароплавства Олексія Євгеновича Данченко,



почалося будівництво портових перевантажувальних потужностей в районі Сухого лиману, на південний захід від Одеси.

25 жовтня 1957 року начальником ЧМП видано наказ № 8/733 «Про будівництво порту на Сухому лимані». Цим наказом були закладені основи створення всіх служб і підрозділів, які здійснювали самостійне функціонування транспортного підприємства, а також розпочата підготовка проектів штатного розкладу порту і передбачений план перевалки вантажів на 1958 рік.

Грудень 1957 року - земснаряд «Вайгач» прорізав піщану косу і з'єднав Сухий лиман з морем (рис.2.1.1).

Влітку 1958 року були здані в експлуатацію перші 336 метрів причального фронту, змонтовано 6 портальних кранів.

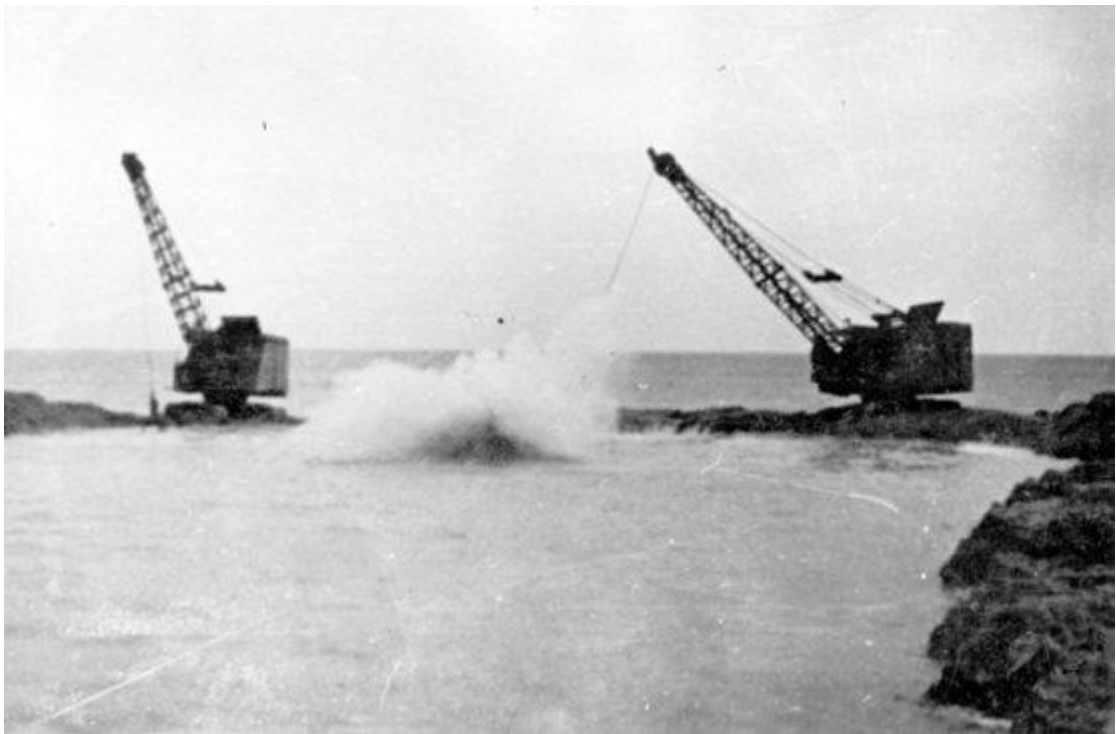


Рис.2.1.1. Крани на початку побудови порту Іллічівськ. 1957 рік [20]

5 серпня 1958 року - теплохід «Україна» (рис.2.1.2) увійшов в акваторію порту, будівництво якого почалося, і пришвартувався біля його

єдиного причалу. З цих пір почалася експлуатація майбутнього порту, пов'язана з основною діяльністю - переробкою вантажів. За результатами роботи 1958 року перевалка вантажів склала 335 тис. тонн. Основу вантажоперевалки становили навалочні вантажі: вугілля і будівельні матеріали: цемент, пісок, ліс (рис.2.1.3)

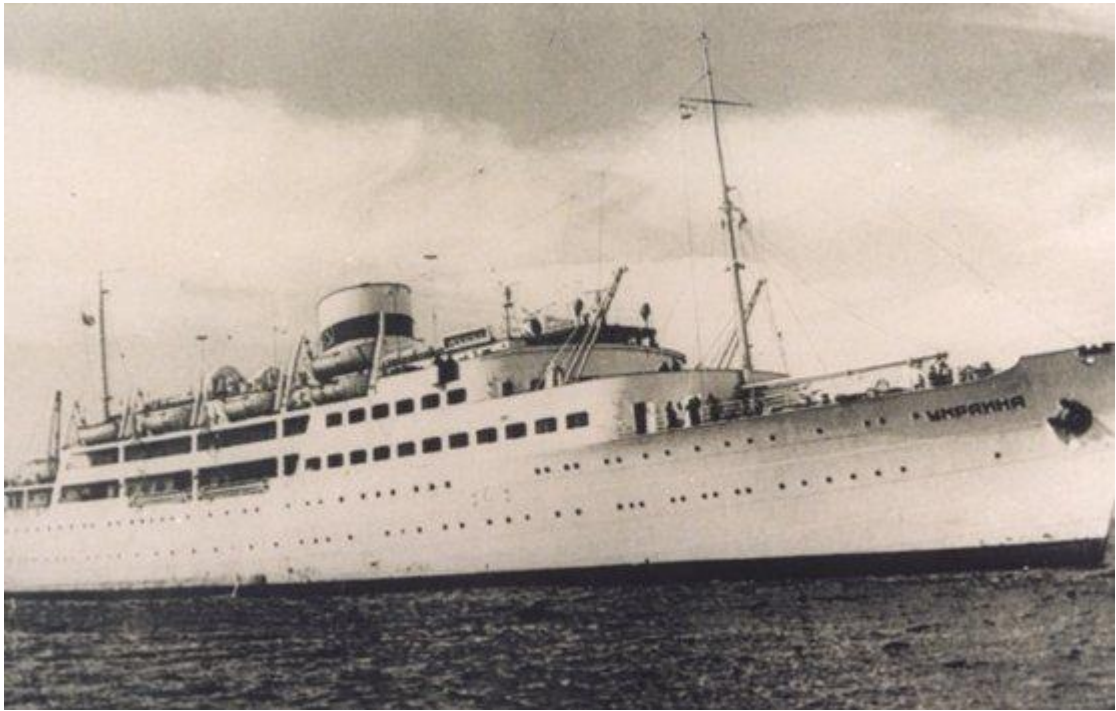


Рис.2.1.2. Теплохід «Україна» в акваторії порту. 1958 рік [20]

Таким чином, точкою відліку початку виробничої діяльності підприємства прийнято вважати 5 серпня 1958 року.

Порт продовжував будуватися, розвиватися. Вже в 1960 році вантажообіг склав 2,6 мільйона тонн. Статус самостійного торгового порту першої категорії з присвоєнням імені Іллічівськ підприємство отримало пізніше - 31 січня 1961 року.



Рис.2.1.3. Вантажний корабель в порту Іллічівськ [20]

У 1972 році в порту впроваджуються передові методи роботи і технології, введена в експлуатацію перша черга автоматизованої системи управління портом.

У 1976 році побудовано контейнерний термінал пропускною здатністю 120 тисяч контейнерів на рік. За високі досягнення у розвитку зовнішньої торгівлі та організації виробництва порт був нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора.

14 листопада 1978 року - відкрита поромна переправа Іллічівськ - Варна. Робота чотирьох поромів, що вміщують по 108 залізничних вагонів, дозволяла обробляти до 6 мільйонів тонн вантажів на рік.

1980 рік - введено в експлуатацію перший у країні спеціалізований комплекс обробки суден типу РО-РО з горизонтальним способом навантаження-вивантаження з причалом довжиною 280 метрів і складом місткістю 5000 одиниць автотехніки.

1987 рік - завершено будівництво між портової бази по ремонту великотоннажних контейнерів. Іллічівський порт в числі перших у галузі перейшов на нову систему господарювання — повний госпрозрахунок і самофінансування. У цей період вантажообіг порту досягає 20 мільйонів тонн на рік. Починається реконструкція 1-го і 2-го причалів, а також суміжних територій для створення сучасного високомеханізованого контейнерного терміналу пропускною спроможністю 300 тисяч контейнерів в рік.

Вересень 1995 року - здана в експлуатацію перша черга з двома причальними і трьома тилловими контейнерними перевантажувачами вантажопідйомністю 45 тонн кожен.

У 1996 році відкрита поромна лінія Іллічівськ - Поті, яка стала морською частиною Євро-Азійського транспортного коридору.

У листопаді 1997 року в порту реалізований перший інвестиційний проект - введена в експлуатацію перша черга комплексу з перевалки зерна пропускною здатністю 2,5 млн. тонн вантажів в рік.

Квітень 1998 року - завершено будівництво комплексу по перевантаженню мінеральних добрив потужністю 1,3 млн. тонн на рік, а в 2000 році здійснено його реконструкція і пропускна здатність збільшена до 2,5 млн. тонн.

У жовтні 2000 року на території автотранспортного господарства порту відкрився технічний центр «Вольво» по обслуговуванню однойменних автотягачів.

30 березня 2001 року на поромному комплексі введена в експлуатацію окремий контейнерно-автотранспортний майданчик - перший транспортний проект, реалізований в Україні за рахунок коштів Європейського союзу за програмою Tacis-TRACECA (рис. 2.1.4). Її будівництво - завершальний етап створення міжнародної морської залізнично-паромної переправи Україна - Грузія, яка стала основною ланкою морської частини Євразійського транспортного коридору.



Рис. 2.1.4. Порт Іллічівськ станом на 2001 рік [20]

У грудні 2001 року введено в дію допоміжний причал № 29 довжиною 122 метри, який використовується для перевантаження скрапленого газу за прямим варіантом.

У січні 2002 року відкрито другий залізничний в'їзд в порт довжиною 3,5 кілометра, який дозволив збільшити пропускну здатність 1-го терміналу.

У березні 2002 року почалося будівництво масложирового комбінату - одного з найбільших в Європі.

22 серпня 2002 року здана в експлуатацію друга черга комплексу з перевалки зерна. Пропускна здатність порту по роботі з зерновими вантажами перевищила 5 мільйонів тонн у рік.

3 грудня 2002 року відкрито третій залізничний в'їзд в порт.

6 лютого 2003 року в Іллічівському порту був даний старт новому контейнерно-контрейлерному потягу «Вікінг» сполученням Іллічівськ - Клайпеда. Поїзд відкрив новий міжнародний транспортний коридор, який

проходить по Україні, Білорусії і Литві і зв'язує порти Чорного та Балтійського морів.

У вересні 2003 року в порту відкрито «Спеціалізований вантажний комплекс» щодо митного оформлення контейнерних вантажів, що дозволило значно прискорити оформлення і випуск контейнерів з порту.

У березні 2004 року почав роботу новий перевантажувальний комплекс - Іллічівський паливний термінал, потужністю 3,23 млн. тонн нафтопродуктів на рік.

У листопаді 2004 року відбулося відкриття першої черги найбільшого виробництва з транспортування та переробки тропічних олій - Іллічівського олійно-жирового комбінату.



Рис. 2.1.5. Порт Іллічівськ станом на 2005 рік [20]

У червні 2005 року в Іллічівську відбулося урочисте відкриття нового виробництва – ЗАТ «Іллічівський маслоекстракційний завод», що здійснює

переробку насіння соняшника для подальшої поставки олії на експорт (рис. 2.1.5).

У червні 2006 року - затверджено Положення про нагородження нагрудним знаком за заслуги перед портом «Почесний працівник ІМТП».

Травень 2007 року – в результаті здійснення комплексу заходів з розвитку інфраструктури порт прийняв під обробку трансокеанське судно-контейнеровоз довжиною 294,1 м і місткістю 5034 TEU, тим самим відкривши нові регулярні лінії прямого трансокеанського сервісу, що з'єднує порти Південно-Східної Азії та України.

Вересень 2007 року – ІМТП отримані Сертифікати Системи управління якістю Іллічівського морського торгового порту на відповідність вимогам ДСТУ ISO 9001-2001 (ISO 9001-2000 IDT).

28 листопада 2007 року - підписано угоду з Європейським банком реконструкції та розвитку на отримання кредиту під гарантії Уряду України на розвиток інфраструктури Іллічівського морського торговельного порту.

Грудень 2007 року - порт досяг півмільйонного кордону з перевалки контейнерів, отримавши статус контейнерного порту України номер 1.

5 серпня 2008 року - ІМТП відзначив 50-річний ювілей виробничої діяльності. За підсумками 2008 року в ІМТП вперше за останні 20 років перероблено майже 19 млн. тонн вантажів.

Сьогодні ІМТП динамічно розвивається і має колосальний потенціал для подальшого розвитку, що сприяє залученню нових вантажопотоків, підвищення прибутковості підприємства та поліпшення соціальних умов його працівників [20].

Порт Іллічівськ знаходиться на 46 18 '23' 'пн. широти та 30 38' 01 " сх. довготи в північно-західній частині Чорного моря, в тимчасовому поясі GMT +2 години (рис. 2.1.6).

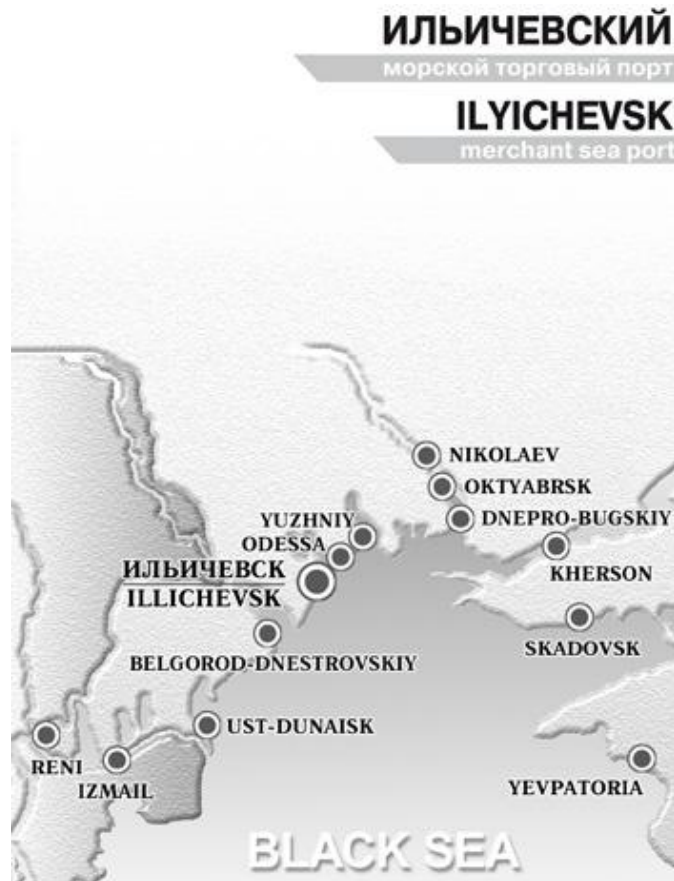


Рис. 2.1.6. Порт Іллічівськ на карті [21]

Середні глибини на підході до порту становлять 13,5 м і дозволяють обслуговувати судна практично будь-якої вантажопідйомності, що ставить Іллічівський порт в більш вигідне становище перед іншими портами Чорного моря. Порт відкритий для заходу суден цілий рік. Цілодобову і безпечну проводку судів в будь-яку погоду забезпечує Берегова радіолокаційна служба (БРЛС). Порт оснащений усіма сучасними видами зв'язку, включаючи супутниковий. Характеристики порту Іллічівськ наведено в Табл.2.1.1.



Табл.2.1.1 - Характеристики порту Іллічівськ [21]

Порт приймає судна з осадкою до	13,0 м
Довжина судна	не обмежена
Територія порту становить	346 га.
Довжина причальної лінії порту	5400 м
Площа критих складів	54,2 тис. м <sup>2</sup>
Відкрита складська площа	743,94 тис. м <sup>2</sup>

Найближчі морські порти: Одеса, Южний, Білгород-Дністровський. Аеропорти: Одеський - 21 км. Широка номенклатура і географія вантажів, що переробляються портом. Вантажі, що відправляються і приймаються портом, мають адреси в 150-ти країнах світу. Іллічівський порт пов'язаний зі 105-ю портами всіх континентів [20, 21].

## 2.2 Матеріали спостережень і методи їх обробки

Для дослідження використовувалися дані строкових спостережень (00, 06, 08, 12, 18 год) за рівнем моря, напрямком та швидкістю вітру на станції Іллічівськ за період 2006-2013 рр., які представлені в таблицях ТГМ. Використовувалася методика візуального виділення згонів і нагонів по графікам зміни рівня для кожного місяця року окремо. Критерієм визначення згону або нагону в Чорному морі є перевищення (або зниження) рівня моря відносно середнього місячного значення більш ніж 15 см [10].

Типовий графік зміни рівня [22] в грудні 2006 р. представлено на рис.2.2.1. На цьому графіку наведена лінія середнього місячного рівня моря, а також дві лінії перевищення і зниження відносно середньої відмітки на 15 см.

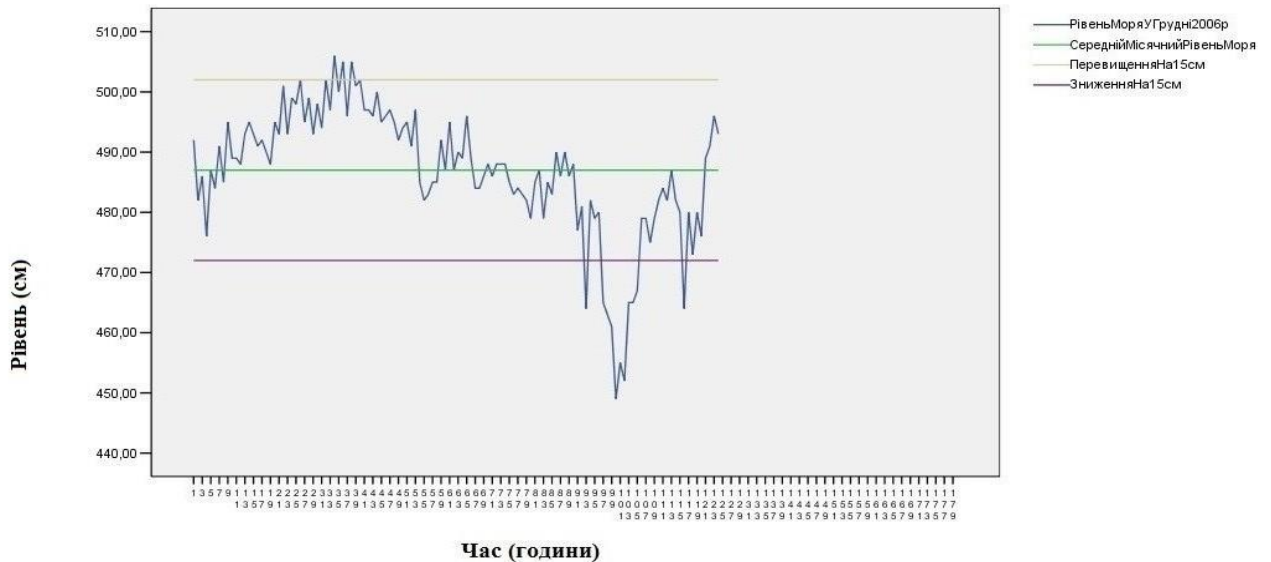


Рис.2.2.1. Типова крива зміни рівня у грудні 2006 р. на станції порт Іллічівськ.

Синя лінія – рівень моря у грудні, зелена лінія – середній місячний рівень, жовта – перевищення на 15 см, фіолетова – пониження на 15 см [22]

Аналізувалися окремо випадки згонів і випадки нагонів. З візуального аналізу визначалися такі характеристики:

- дати та строки початку та кінця згонів або нагонів
- величина згону чи нагону (в см)
- тривалість згону чи нагону (в год)
- напрям та швидкість вітру (середнє й максимальне) за період згонів і нагонів

По цим характеристикам складалися таблиці й проводився їх аналіз.

По отриманим даним виконано статистичний аналіз характеристик згонів-нагонів.

## 2.3 Статистичні характеристики мінливості згінно-нагінних коливань рівня моря

Розраховувались статистичні характеристики мінливості згінно-нагінних коливань рівня в районі порту Іллічівськ, результати цього аналізу приведені в табл.2.3.1.

Табл.2.3.1 - Кількість підйомів і спадів рівня на станції порту Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Характеристики													
	підйоми												
Середне	2	2	1	0	1	1	2	0	1	1	1	2	1
Максим.	4	3	3	1	2	1	2	2	3	2	3	4	4
Мінім.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СУМА	18	15	12	2	5	2	2	4	7	6	12	16	101
	спади												
Середне	2	2	2	0	1	0	0	1	1	1	1	2	1
Максим.	6	3	4	2	1	1	1	2	4	2	3	5	6
Мінім.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
СУМА	18	12	14	2	4	2	2	7	10	9	10	17	107

За період 2006-2013 рр. спостерігалось 101 випадок підйому і 107 випадків спаду, тобто кількість спадів декілька вище, ніж кількість підйомів. У середньому за рік спостерігалось 1 випадок спаду и 1 випадок підйому за місяць.

В осінньо-зимовий період їх кількість підвищується до 6, а у весняно-літній період знижується до 1 випадка в місяць або зовсім не спостерігається.

На рис.2.3.1 показано сезонний хід кількості випадків згонів та нагонів рівня на станції порт Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

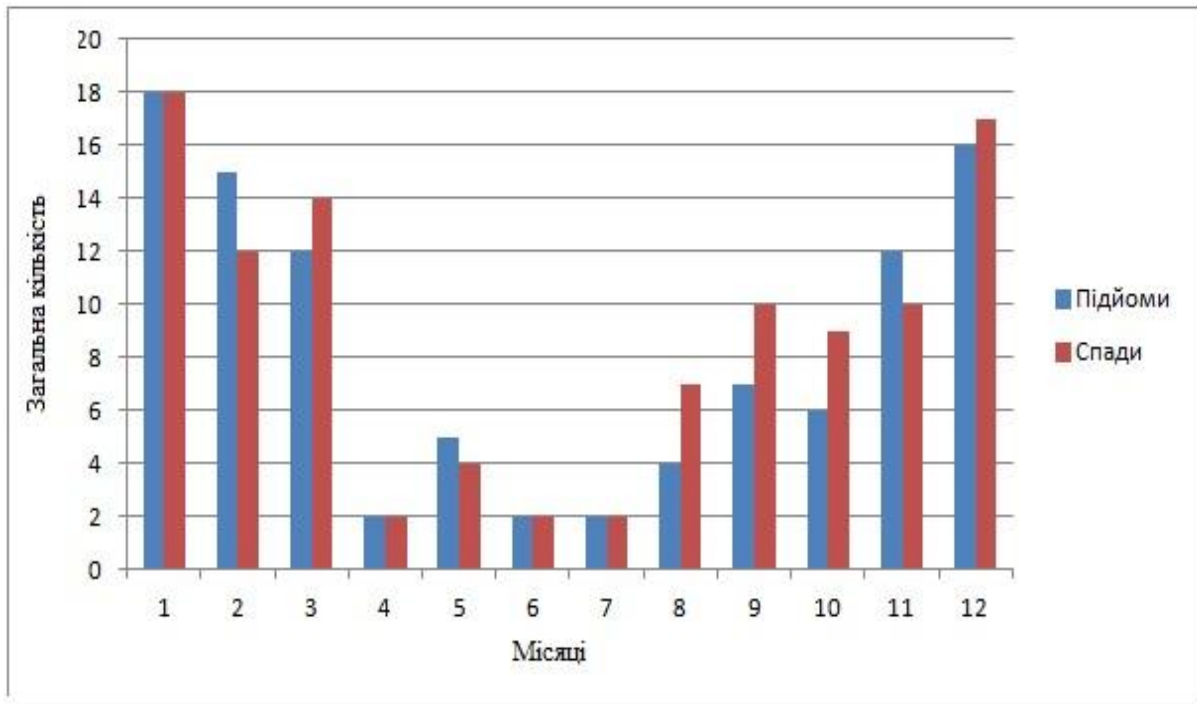


Рис.2.3.1. Сезонний хід кількості випадків згонів та нагонів рівня на станції порт Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

Важливою характеристикою мінливості згінно-нагінних коливань є розмах зміни рівня. В Табл.2.3.2 приведені статистичні характеристики розмаху (в см) зміни рівня при підйомах й спадах.

Табл.2.3.2 - Статистичні характеристики розмаху (в см) зміни рівня моря при підйомах й спадах на станції порту Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Характеристики													
<b>підйоми</b>													
Середня (см)	40	39	45	36	27	18	19	24	39	39	41	40	34
Максим.	78	97	92	36	55	21	19	30	62	52	96	61	97
Мінім.	21	13	21	36	12	14	18	17	10	26	19	8	8
<b>спади</b>													
Середня (см)	41	47	39	40,5	32	45	27	27	40	31	46	39	38
Максим.	80	86	86	49	50	49	37	38	81	48	101	69	101
Мінім.	18	20	14	32	24	41	16	12	26	22	18	9	9

В середньому за рік розмах підйому рівня становить 34 см, а розмах спаду – 38 см. Тобто величина спаду декілька більша, ніж величина підйому. Протягом року величини підйому і спаду рівня сильно змінюються [23]. В осінньо-зимові місяці з листопада по березень розмах підйому складає 39-45 см, а максимальне значення – 96-97 см. Розмах спаду в середньому за рік складає 40-47 см, а максимальне – 86-101 см. Таким чином, величина спаду рівня більша, ніж величина підйому як по середнім значенням, так і по максимальним.

Важливою характеристикою також є тривалість підйомів і спадів рівня моря. За початок підйому приймалася найнижча точка в положенні рівня моря у тому випадку, якщо він перевищував середнє значення більш ніж на 15 см. За початок спаду приймалася найвища точка в положенні рівня, перевищуюча середнє значення на 15 см. Проміжок часу від початку до кінця спаду чи підйому і є тривалістю явища.

Статистичні характеристики тривалості підйомів і спадів (в год) приведені в табл.2.3.3.

Табл.2.3.3 - Тривалість (в годинах) підйомів й спадів рівня на станції порт Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Характеристики													
<b>підйоми</b>													
Серед.	40	39	45,16	36	27	18	18,5	24	39	39	41,38	37	33,6
Максим.	78	97	92	36	55	21	19	30	62	52	96	61	97
Мінім.	21	13	21	36	12	14	18	17	10	26	19	8	8
<b>спади</b>													
Серед.	41	46,75	39	41	32	45	27	27	40	32	46	39	37,8
Максим.	80	86	86	49	50	49	37	38	81	48	101	69	101
Мінім.	18	20	14	32	24	41	16	12	26	22	18	9	9

В середньому за рік за період 2006 - 2013 рр. тривалість підйому рівня склала 33,6 годин, а тривалість спадів – 37,8 годин. Тобто тривалість спадів декілька вища, ніж тривалість підйомів. Річна мінливість тривалості підйомів

і спадів показує сезонний хід цієї характеристики. По середнім місячним значенням найбільша тривалість підйомів з листопада по березень й складає 39-40 годин. Найбільша тривалість спадів рівня відзначається у листопаді – 46 годин й лютому – 46,75 годин. Максимальне значення тривалості підйому складає 97 годин, а спаду – 101 годин. Тобто, по максимальним значенням тривалість спадів більше, ніж тривалість підйомів.

Були також розраховані величини інтенсивності зміни рівня при підйомах та спадах шляхом ділення величини зміни на тривалість. Результати приведені в табл.2.3.4.

Табл.2.3.4 - Статистичні характеристики інтенсивності мінливості рівня (см·год<sup>-1</sup>) при підйомах і спадах на станції порту Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Зарік
Характеристики													
<b>підйоми</b>													
Серед.	0,84	0,82	0,79	0,87	0,69	0,24	1,09	0,70	0,66	0,85	1,03	0,81	0,78
Максим.	2,27	1,46	1,87	1,2	0,92	0,29	1,58	1	1,25	2,89	0,96	1,83	2,89
Мінім.	0,27	0,28	0,23	0,55	0,48	0,19	0,60	0,31	0,13	0,20	0,45	0,13	0,13
<b>спади</b>													
Серед.	1,53	1,19	1,00	1,12	1,39	0,88	0,98	1,08	0,92	1,30	1,28	1,35	1,17
Максим.	4,44	2,39	2,39	1,16	2,78	0,91	1,33	3,50	1,70	4,00	4,20	4,42	4,44
Мінім.	0,44	0,26	0,32	1,07	0,75	0,85	0,62	0,48	0,34	0,44	0,46	0,30	0,26

Середня багаторічна величина інтенсивності мінливості спаду рівня складає 1,17 см·год<sup>-1</sup>, а при підйомах – 0,78 см·год<sup>-1</sup>. Максимальні величини інтенсивності підйому рівня складають 2,27-2,89 см·год<sup>-1</sup>, а спаду рівня – 4,2-4,44 см·год<sup>-1</sup>. Таким чином, при спадах інтенсивність зміни рівня вище, ніж інтенсивність при підйомі.

Був виконаний також аналіз напрямків і швидкості вітру при підйомах і спадах рівня. Напрямок і максимальні швидкості вітру виписувалися за всі строки тривалості підйому й спаду, після чого розраховувалася

повторюваність напрямків вітру у відсотках (%). Результати приведені в табл.2.3.5.

Табл.2.3.5 - Переважні напрямки вітру та їх сумарна повторюваність (%), середня, максимальна та мінімальна швидкість ( $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) при підйомах та спадах рівня на станції порт Іллічівськ за період 2006 - 2013 рр.

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Характеристики													
<b>підйоми</b>													
Напрямок	ПнЗ	С. Пд	Пд	ПдПнЗ, ЗПдЗ, ПнЗ, ПнПнЗ	Пд	Пд	Пд, ПдПдС	ПнПнС, С, ЗПнЗ	Пн, ПнС	ПнЗ, ЗПнЗ	З, ПдС	Пд	
Повторюв.	19,4	40,1	46,3	50,1	37,5	75	100	83,25	31,25	33,1	36,8	25	
Серед.швид.	8,79	7,1	8,79	7	6	4,5	4,5	5	8	7	9	7	6,91
Максим.швид.	17	15	15	13	9	6	6	8	13	14	15	15	17
Мінім.швид.	2	2	3	4	4	3	3	2	3	3	2	2	2
<b>спади</b>													
Напрямок	З, ПнЗ	Пн, ПнЗ	ПнЗ	З, ПнЗ	ПнЗ	ПнПнЗ	З	ПнЗ, Пн, ЗПнЗ	З, ПнЗ, ЗПнЗ	Пн, ПнЗ	З, ПнЗ	З, ПнЗ, ЗПнЗ	
Повторюв.	46,7	42,2	49	74,4	50	66,5	50	71,29	82,3	55,47	72,09	48,94	
Серед.	10,52	10	9	7,75	10	9	7,0	8	7,9	9	10	8	8,81
Максим.	17	22	17	13	13	15	10	12	11	15	19	17	22
Мінім.	3	2	2	3	5	3	4	4	3	3	3	3	2

З таблиці видно, що підйоми рівня моря спостерігаються при південному та південно-східному вітрах. Сумарна повторюваність яких протягом року складає 75-100 %. Середні швидкості таких вітрів складають  $8-9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а максимальні досягають  $15-17 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Спади рівня на станції Іллічівськ спостерігаються при північно-західному та західному вітрах. Сумарна повторюваність яких протягом року складає 74-82 %, середня швидкість –  $9-10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , а максимальна –  $19-22 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Таким чином, вітри згінного напрямку більш сильні, що є причиною більшого розмаху згонів в порівнянні з розмахом нагонів.

Проаналізували також випадки досягнення рівнем критичних позначок. Такими відмітками для порту Іллічівськ є: 427 см при спаді і 550 см при підйомі. Розглядали також випадки, коли рівень моря був близький до критичних відміток не менш ніж на 10 см.





до 12:00 11 лютого) рівень моря піднявся з позначки 513 см до позначки 550 см, тобто на 37 см. Протягом 10 лютого 2010 р. спостерігався вітер південно-східного швидкістю  $4-5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . 11 лютого напрям вітру змінився на східний, а його швидкість досягала  $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  протягом всієї доби.

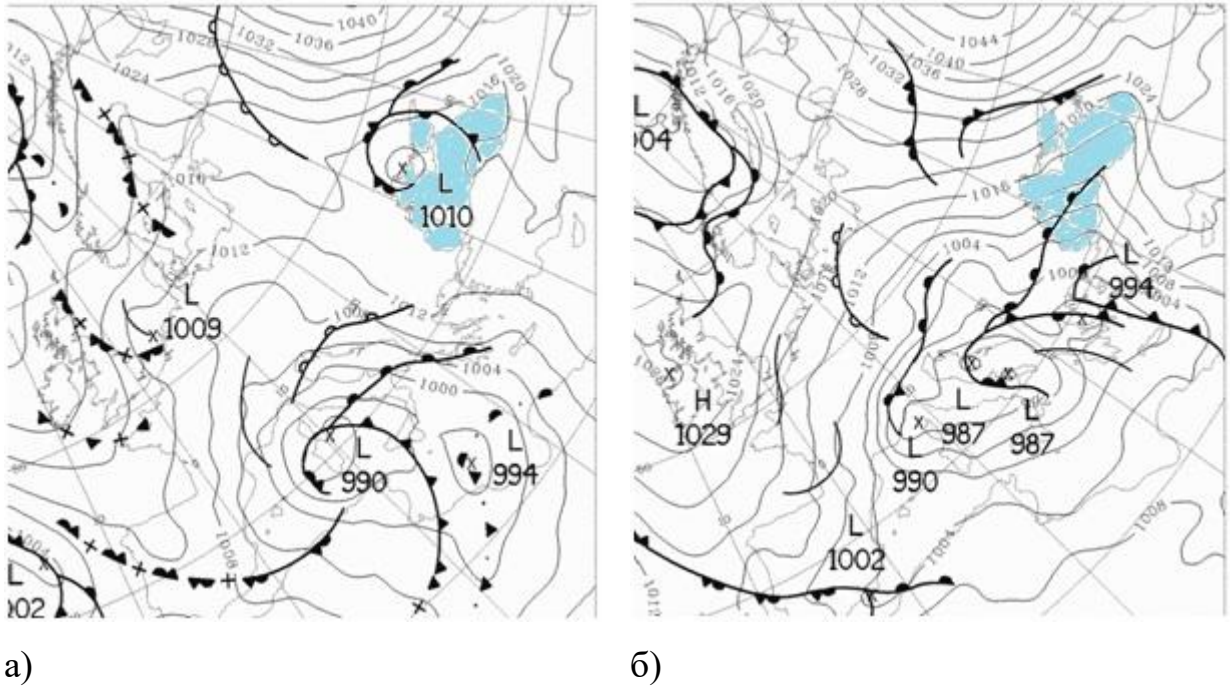


Рис.2.3.3. Синоптична ситуація над Чорним морем за 00 години 10 лютого 2010 р. (а) та 00 годин 11 лютого 2010 р. (б) [24]

На рис.2.3.4 показано хід рівня моря (спад) за період з 06:00 годин 19 січня по 12:00 годин 20 січня 2007 року. Зміни рівня склали 65 см за 30 год. Швидкість північного вітру сягала  $14 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

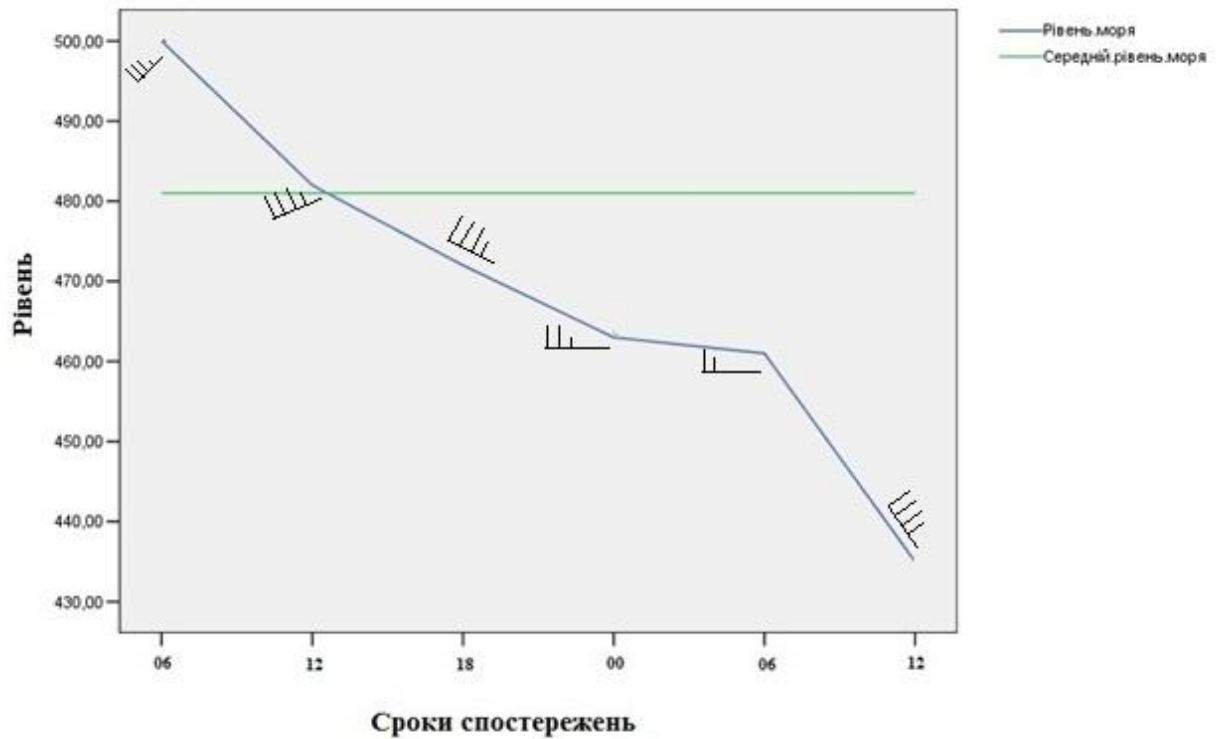


Рис.2.3.4. Хід рівня моря та характеристики вітру на станції порт Іллічівськ за період з 06:00 год 19 січня по 12:00 20 січня 2007 року по даним строкових спостережень [22]

Примітка : зеленим кольором показано середній місячний рівень моря.

На рис.2.3.5 показано хід рівня моря (спад) за період з 12:00 год 10 листопада по 06:00 год 11 листопада 2007 року, зміни рівня склали 101 см за 18 год. Швидкість північно-західного вітру сягала  $18 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

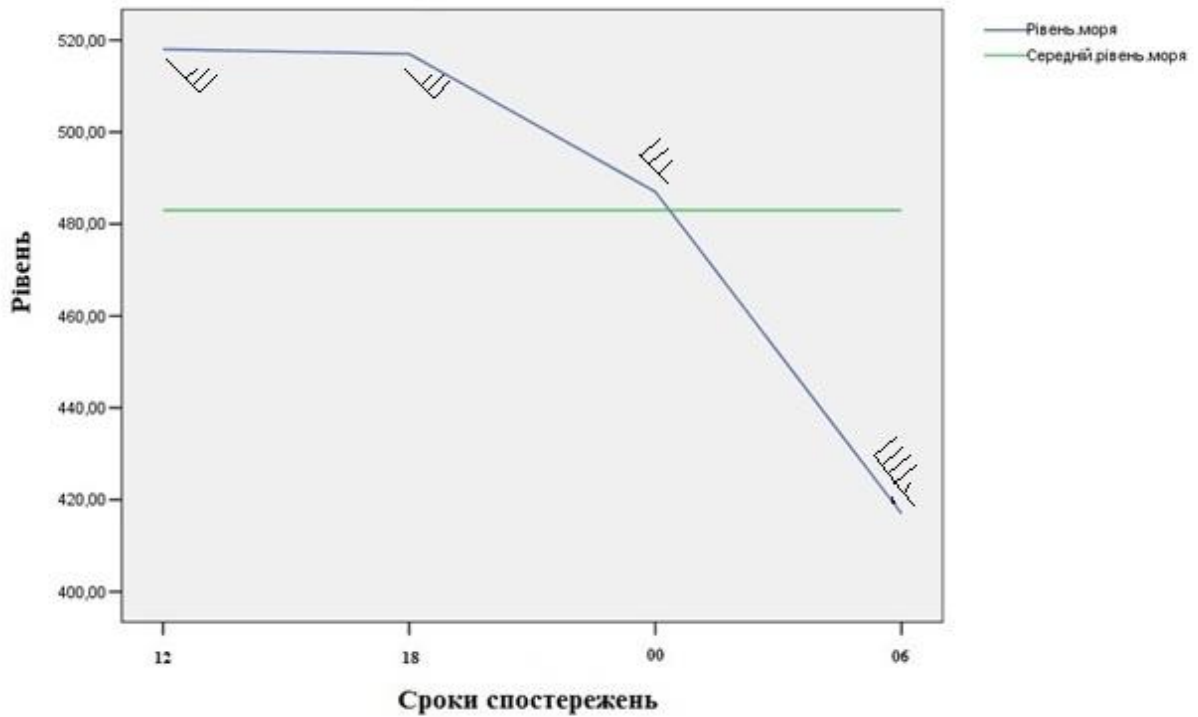


Рис.2.3.5. Хід рівня моря та характеристики вітру на станції порт Іллічівськ за період з 12:00 годин 10 листопада по 06:00 годин 11 листопада 2007 року по даним строкових спостережень [22]

На рис.2.3.6 показано хід рівня моря (підйом) за період з 06:00 годин 14 вересня по 06:00 годин 16 вересня 2008 року. Зміни рівня склали 60 см за 48 год. Швидкість вітру склала  $13 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

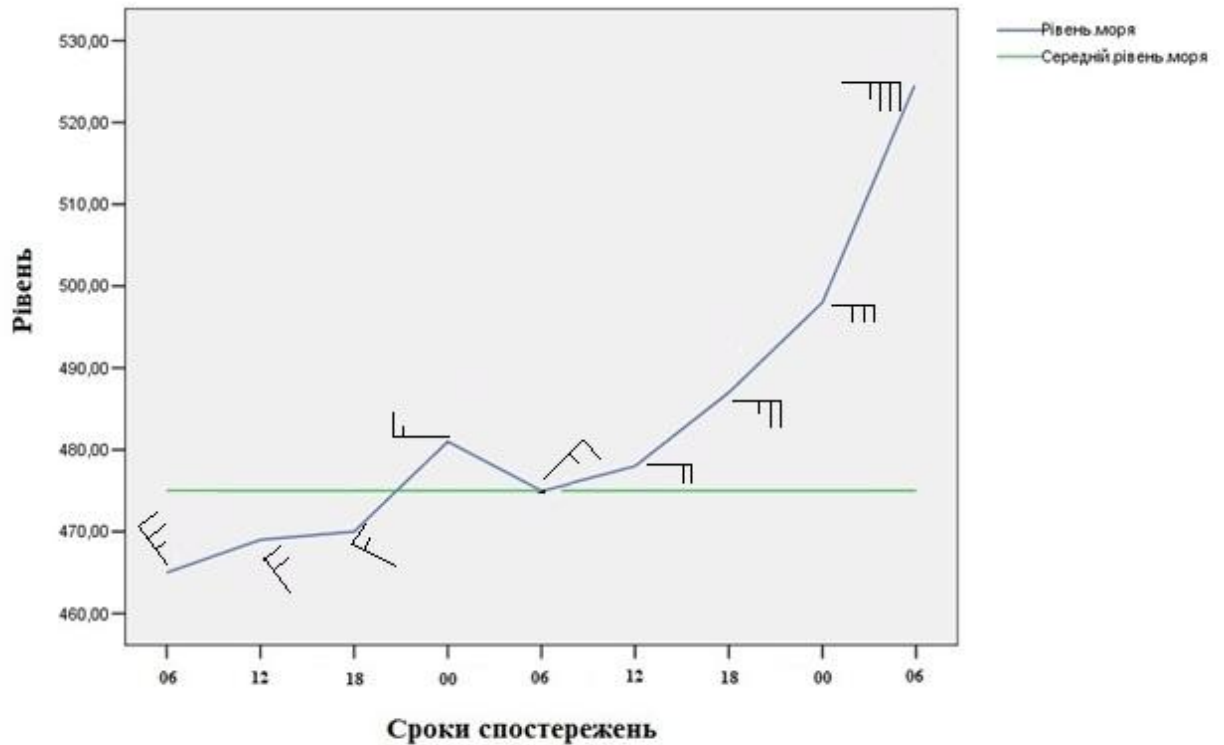


Рис.2.3.6. Хід рівня моря та характеристики вітру на станції порт Іллічівськ за період з 06:00 год 14 вересня по 06:00 год 16 вересня 2008 року по даним строкових спостережень [22]

На рис.2.3.7 показано хід рівня моря (підйом) за період з 06:00 годин по 18:00 годин 9 жовтня 2010 року. Зміни рівня склали 52 см за 12 год. Швидкість С вітру склала  $14 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

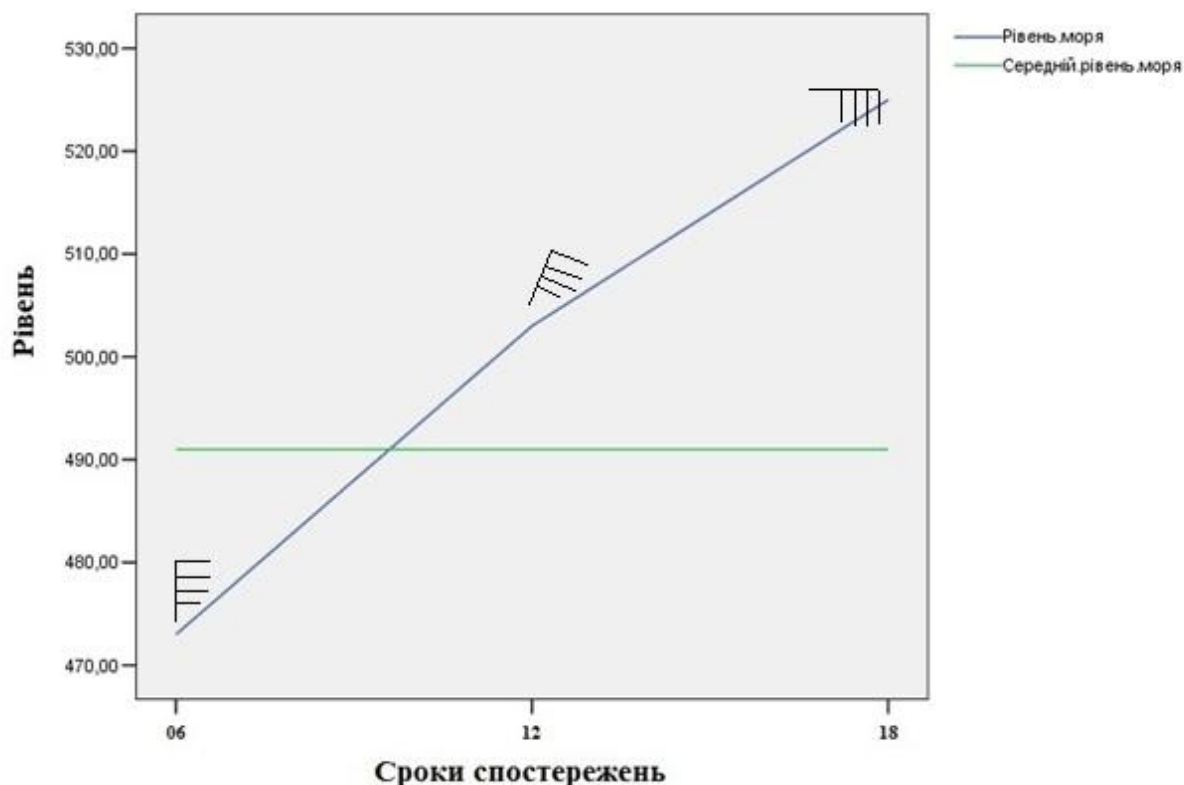


Рис.2.3.7. Хід рівня моря та характеристики вітру на станції порт Іллічівськ за період з 06:00 год по 18:00 год 9 жовтня 2010 року по даним строкових спостережень [22]

По середнім багаторічним даними (табл. 2.3.6) [25] напрямку і швидкості вітру та за період спостереження за 2006-2013 рр. (табл. 2.3.7) були побудовані рози вітрів, які наведені на рис 2.3.8 та рис. 2.3.9. За середньо багаторічними даними найбільша повторюваність припадає на південний та північний вітер – 21,8 % і 19,2 % відповідно. За період 2006-2013 рр розподіл повторюваності декілько змінився. Найбільшу повторюваність має південний вітер – 23,22 %, на західний вітер припадає 17,36 %, а на північно-західний – 16,12 %. Тобто, зросла повторюваність північно-західного вітру, який є відповідальним за згони.

Табл.2.3.6 - Повторюваність (%) напрямів вітру за основними румбами на станції Іллічівськ за період 1944 – 2011 рр. з [25]

Град. швид. (м·с <sup>-1</sup> ) Румб	1-5	6-10	11-16	16-20	Σ
	Пн	12,8	18,33	19,04	19,14
ПнС	3,4	5,18	5,5	5,54	5,5
С	6,9	9,68	10,07	10,13	10,1
ПдС	3,3	4,06	4,16	4,17	4,1
Пд	17,9	21,57	21,73	21,75	21,8
ПдЗ	3,4	3,71	3,75	3,75	3,7
З	15,7	17,67	17,81	17,83	17,8
ПнЗ	10,9	14	14,38	14,44	14,4

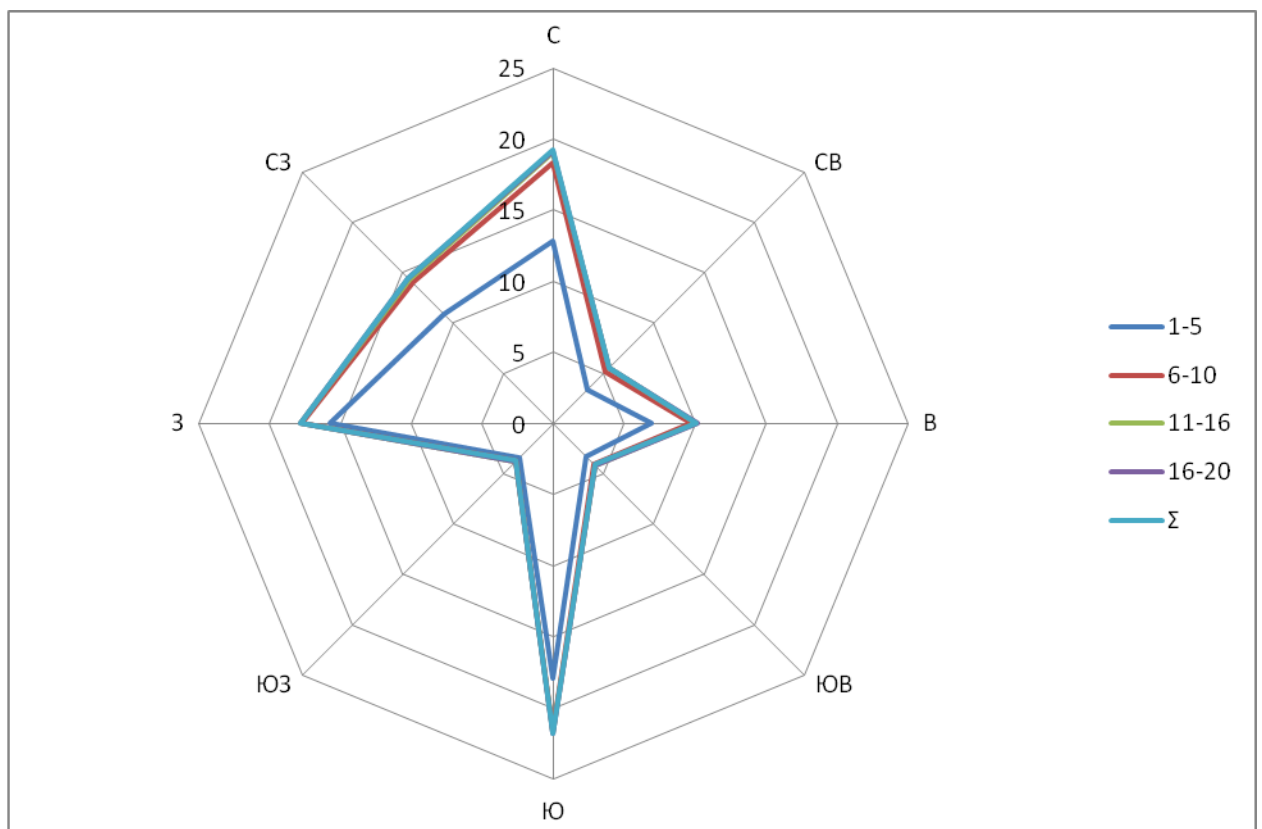


Рис. 2.3.8. Роза вітрів, побудована за даними спостереження за 1944 – 2011 рр.

Табл.2.3.7 - Повторюваність (%) напрямів вітру за основними румбами на станції Іллічівськ за період 2006-2013 рр. з [25]

Град. швид. (м·с <sup>-1</sup> )	1-5	6-10	11-15	16-20	Σ
Румб					
Пн	11,83	14,56	15,05	15,09	15,09
ПнС	4,1	5,01	5,33	5,34	5,34
С	9,28	10,71	10,84	10,88	10,88
ПдС	3,28	3,59	3,63	3,63	3,63
Пд	21,43	23,18	23,27	23,27	23,27
ПдЗ	3	3,19	3,2	3,2	3,2
З	16,2	17,18	17,32	17,36	17,36
ПнЗ	13,4	15,62	16,07	16,12	16,12

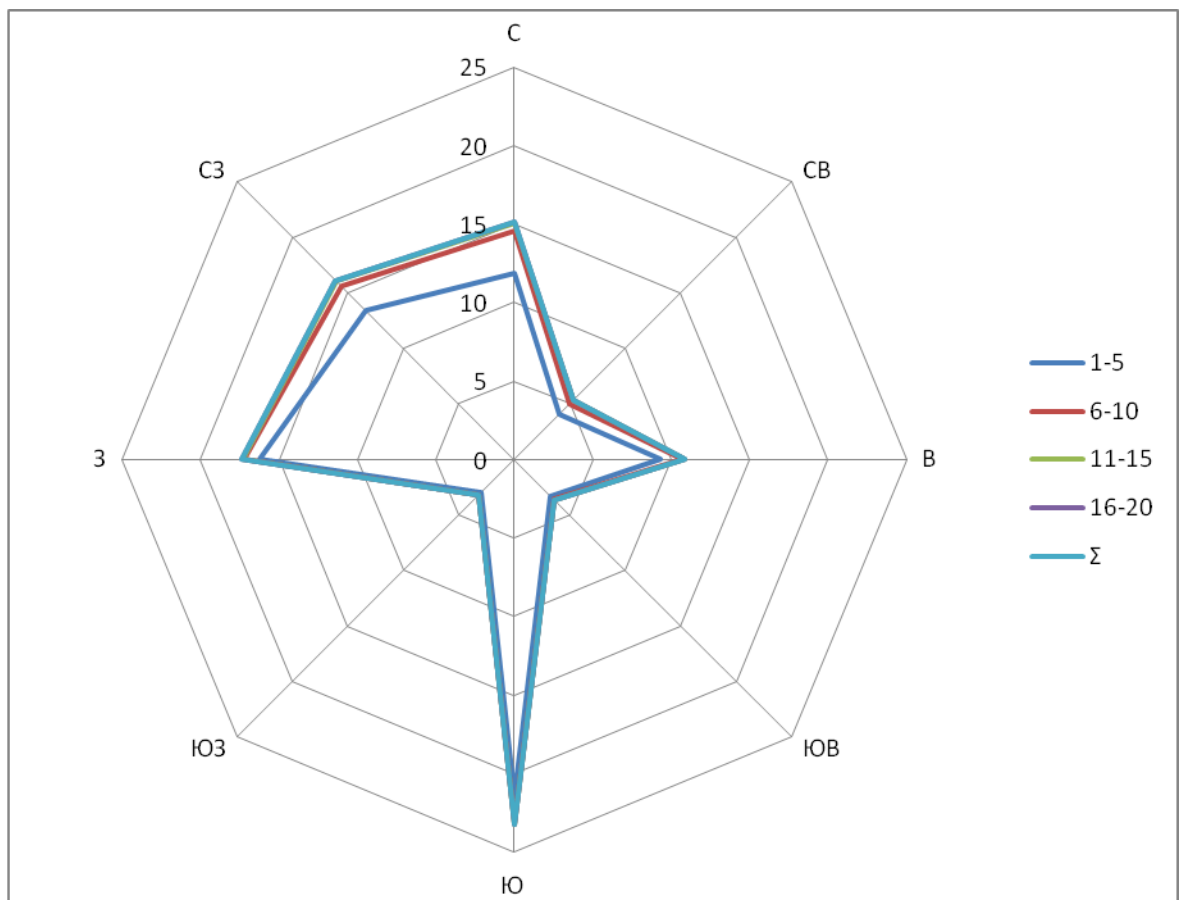


Рис. 2.3.9. Роза вітрів, побудована за даними спостереження за 2006 – 2013 рр.

## 2.4 Взаємозв'язки між характеристиками вітру та згінно-нагінними коливаннями рівня моря в районі порту Іллічівськ

Оскільки аналіз показав, що ефективними напрямками для нагонів і згонів рівня моря для порту Іллічівськ є напрямки північно-західний – південно-східний, розраховувалися проекції вітру на ці напрямки. Для їх розрахунку користувалися таблицею 2.4.1. Проекції вітру [26] розраховувались за 5 строків (30 годин) тривалості згону або нагону, так як середня тривалість згонів та нагонів складає 30 годин.

Табл. 2.4.1 - Коефіцієнти для розрахунку проекцій вітру на ефективні напрями для порту Іллічівськ [26]

Напрямок вітру	Коефіцієнт	Напрямок вітру	Коефіцієнт
Пн	0,707	Пд	-0,707
ПнПнС	0,383	ПдПдЗ	-0,383
ПнС	0	ПдЗ	0
СПнС	-0,383	ЗПдЗ	0,383
С	-0,707	З	0,707
СПдС	-0,924	ЗПнЗ	0,924
ПдС	-1	ПнЗ	1
ПдПдС	-0,924	ПнПнЗ	0,924

З таблиці видно, що нагінні вітри враховують з від'ємним знаком, а згінні - з позитивним [27]. Потім з наших даних окремо по згонах і окремо по нагонах обрали випадки при яких зміни рівня перевищують 30 см відносно середнього. Для цих випадків формувався ряд спостережень, для якого розраховувалось рівняння регресії [28, 29].



Рівняння регресії має вигляд:

$$\Delta H = a \sum V + b H_{\text{ноч}} + c, \quad (2.1)$$

де  $\Delta H$  - зміна рівня при згонах чи нагонах;

$\sum V$  - сума проєкцій векторів вітру на ефективний напрямок за 5 попередніх строків;

$H_{\text{ноч}}$  - початкове значення рівня моря;

a, b, c - коефіцієнти рівняння регресії.

Розглянемо результати розрахунків

Для згонів розглядалося 52 випадки. Рівняння регресії має вигляд :

$$\Delta H = 0,686 * H_{\text{ноч}} - 0,553 * \sum V + 150,749 \quad (2.2)$$

Множинний коефіцієнт кореляції цього рівняння дорівнює  $R=0,770$

Розрахунки за цим рівнянням показали, що забезпеченість прогнозу спаду рівня складає 91 %, якщо допустима помилка дорівнює середньоквадратичному відхиленню (24 см) [30].

Для нагонів виконувався аналогічний аналіз . Розглядався ряд з 34 випадками нагонів. Для цього ряду рівняння регресії має вигляд:

$$\Delta H = 0,612 * H_{\text{ноч}} + 0,489 * \sum V + 199,981 \quad (2.3)$$

Множинний коефіцієнт кореляції цього рівняння дорівнює  $R=0,799$

Розрахунки за цим рівнянням показали, що забезпеченість прогнозу підйому рівня складає 61 %, якщо допустима помилка дорівнює середньоквадратичному відхиленню (19 см) [30].

За наведеними рівняннями для фази згонів та нагонів виконувались розрахунки та порівняльний аналіз характеристик фактичних та прогностичних змін рівня, результати яких наведено у таблиці 2.4.2

Табл. 2.4.2 - Порівняльні характеристики фактичних та прогностичних змін рівня моря при нагонах та згонах.

Фази змін	Нагони			Згони		
	фактичні	прогнознi	рiзниця	фактичні	прогнознi	рiзниця
Середній розмах змін рівня (см)	32	12	20	39	22	17
Максимальний (см)	52	27	25	101	80	21
Мінімальний (см)	12	2	10	12	0	12

З цієї таблиці видно, що різниця між фактичними та прогностичними значеннями рівня в середньому складає при нагонах 20 см, при згонах - 17 см. Максимальні значення різниці складають - 25 см, мінімальні - 10 см при нагонах, 21 см і 12 см відповідно при згонах.

На рис.2.4.1 наведені приклади змін фактичних та прогностичних змін рівня моря при нагонах та згонах.

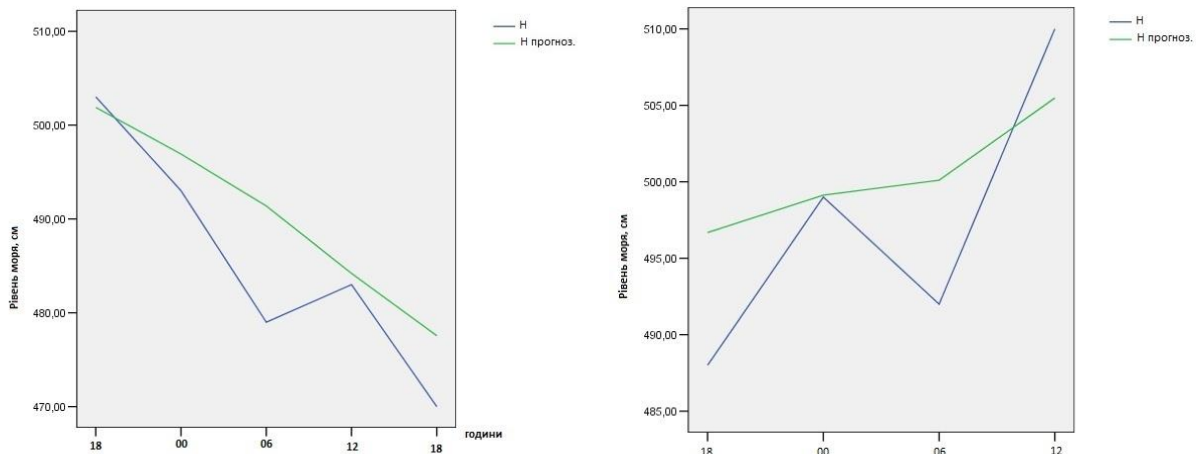


Рис.2.4.1. Фактичні (синя) та прогностична (зелена) лінії спаду рівня моря[22]

а) 18:00 10 лютого по 18:00 11 лютого 2006 р.

б) 12:00 28 серпня по 06:00 29 серпня 2006р.

В табл.2.4.10 наведено з Забезпеченність (%) розрахунків згінно-нагінних коливань рівня моря за весь період спостережень.

Табл.2.4.10 - Забезпеченність (%) розрахунків згінно-нагінних коливань рівня моря за весь період спостережень

Фаза змін рівня	Нагони	Згони
Характеристика ряду		
	61 %	91 %
Довжина ряду	34	52

## ВИСНОВКИ

1. На станції Іллічівськ за період 2006-2013 рр. спостерігалось 101 випадок підйому і 107 випадків спаду, тобто кількість спадів декілька вища, ніж кількість підйомів. У середньому за рік спостережується 1 випадок спаду і 1 випадок підйому за місяць. В осінньо-зимовий період їх кількість підвищується до 6, у весняно-літній період знижується до 1 випадка в місяць або зовсім не спостережуються.

Повторюваність згонів-нагонів у різні роки не однакова, тому максимальна їх кількість в осінньо-зимові місяці може досягати 6 випадків, а мінімальна кількість – 1 випадок, чи згони та нагони зовсім не спостерігаються.

2. В середньому за рік розмах підйому рівня становить 34 см, а розмах спаду – 38 см. Тобто величина спаду декілько більша, ніж величина підйому. Протягом року величини підйому і спаду рівня сильно змінюються. В осіннь-зимні місяці (з листопада по березень) розмах підйому складає 39-45 см, а максимальне значення – 96-97 см. Розмах спаду в середньому за рік складає 40-47 см, а максимальне – 86-101 см. Таким чином, величина спаду рівня більше, ніж величина підйому, як по середнім значенням, так і по максимальним.

3. В середньому за рік за період 2006-2013 рр. тривалість підйому рівня склала 33,6 год, а тривалість спадів – 37,8 год. Тобто тривалість спадів вища, ніж тривалість підйомів. Річна мінливість тривалості підйомів і спадів показує сезонний хід цієї характеристики. По середнім місячним значенням найбільша тривалість підйомів з листопада по березень і складає 39-40 год. Найбільша тривалість спадів рівня відзначається у листопаді – 46 год і лютому – 46,75 год. Максимальне значення тривалості підйому складає 97 год, а спаду – 101 год. Тобто, по максимальним значенням тривалість спадів більше, ніж тривалість підйомів.

4. Середня багаторічна величина інтенсивності мінливості рівня при спадах складає  $1,17 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ , а при підйомах –  $0,78 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ . Максимальні величини інтенсивності підйому складають  $2,27\text{-}2,89 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ , а спада –  $4,2\text{-}4,44 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ . Таким чином, при спадах інтенсивність змін рівня вища, ніж інтенсивність при підйомі.

5. Підйоми рівня моря спостерігаються при південному та південно-східному вітрах. Сумарна повторюваність яких протягом року складає 75-100%. Середні швидкості таких вітрів складають  $8\text{-}9 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , а максимальна –  $19\text{-}22 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Отже, вітри згінного напрямку більш сильні, що й є причиною більшого розмаху згонів, порівняно з розмахом нагонів.

6. Критичними відмітками для порту Іллічівськ є: 427 см при спаді і 550 см – при підйомі. За досліджуваній період спостерігалось 2 випадки небезпечного спаду рівня, усі вони спостерігалися в зимній період року (листопад і грудень).

7. Отримано рівняння регресії для розрахунків змін рівня окремо для фази нагонів та фази згонів. Аргументами в рівняннях є початкове значення рівня моря та сума проєкцій вітру на ефективні напрями за попередні 5 синоптичних строків (30 годин). Множинні коефіцієнти кореляції знаходяться в межах від 0,77 до 0,79 та є значущими на рівні 0,01.

8. Виконано розрахунки змін рівня для фаз нагонів та згонів за весь період спостережень. Забезпеченість прогнозу спаду рівня складає 91 %, якщо допустима помилка дорівнює середньоквадратичному відхиленню (24 см). забезпеченість прогнозу підйому рівня складає 61 %, якщо допустима помилка дорівнює середньоквадратичному відхиленню (19 см).

9. Різниця між фактичними та прогностичними значеннями рівня в середньому складає при нагонах 20 см, при згонах - 17 см. Максимальні значення різниці складають - 25 см, мінімальні - 10 см при нагонах, 21 см і 12 см відповідно при згонах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник по климату Черного моря.–М.: Гидрометиздат, 1974.– 405 с.
2. Гаврилюк Р.В., Корнилов С.В. Изменчивость уровня в северо-западной части Черного моря // Вісник Одеського Державного Екологічного університету. 2016. №20. С.69 - 77
3. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2 Черное море. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012.- 421 с.
4. Лобзовский Н.А. Непериодические колебания уровня моря. -Л.: Гидрометиздат, 1971.- 238 с.
5. Белинский Н.А., Глаголева М.Г. Метод изучения и расчета неперидических течений в море. – Метеорология и гидрология, 1960., №3, С. 18-25.
6. Репетин Л.Н. О влиянии климатических изменений ветровой активности на температурный режим и экологическое состояние Черноморского региона // Материалы научной конференции «Ломоносовское чтение». – Севастополь, 2008. – С.35-36.
7. Горячкин Ю.Н. Связано ли повышение уровня Черного моря с повышением уровня Мирового океана // Геосистемы: факторы развития, рациональное природопользование, методы управления: II Международная научно-практическая конференция, Туапсе, 4-8 окт. 2011 г.: сборник научных статей. - Краснодар, 2011. - С. 253-256.
8. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 4. //Черное море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия.- СПб.: Гидрометиздат, 1991. -С.329-354.
9. Горячкин Ю.Н. Основные тенденции многолетней изменчивости сгонно-нагонных колебаний уровня Черного моря// Экологическая безопасность прибрежной шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.- Севастополь, 2007. - Вып.15. – С. 28-32.

10. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. - Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. -210с.
11. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Современные тенденции изменений уровня Черного моря // Водные ресурсы. - 1996. - 23, № 2. - С. 246- 248.
12. Рева Ю.А. Межгодовые колебания уровня Черного моря // Океанология.—1997.—37,№2.—С.211-219.
13. Подпругина Т.М. К вопросу об изменчивости средних уровней в Черном море // Сборник работ ЛЮМ ГОИН.—1972.—Вып.9.—С.136-141.
14. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2 Черное море. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012.- 421 с.
15. Влияние ветра на формирование неперiodичных колебаний моря//Гидрология и метеорология. ,1981.- С.39 – 49
16. Богданова А.К., Кропачев Л.Н. Сгонно-нагонная циркуляция и ее роль в гидрологическом режиме Черного моря. 1959. - С. 26 – 33
17. Монин А.С, Каменкович В.М., Корт В.Г. –Изменчивость мирового океана. - Л.: Гидрометиздат ,1974. - С.16-19.
18. Шуйский Ю.Д. Некоторые черты современного развития Северо-западных берегов Черного моря / / Океанология (Москва). – 1970. – Т. 10. – Вып.1. – С. 117 – 125.
19. <http://seaport.com.ua/> (дата останнього звернення 26.12.2016)
20. <http://WWW.ILPORT.COM.UA/> (дата останнього звернення 26.12.2016)
21. <http://www.sifservice.com/> (дата останнього звернення 27.12.2016)
22. Бююль А., Цефел П., SPSS: Искусство обработки информации. – М., СПб., К: Изд. Diasoft, 2005. - 305 с.
23. Лемешко Е.М., Иванов В.А., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н. Сравнительный анализ отклика уровня Черного моря на атмосферное воздействие в прибрежной и глубоководной зонах // Глобальная система наблюдений Черного моря. Фундаментальные и прикладные аспекты.— Севастополь,2000.—С.56-70.

24. <http://WWW.METEOWEB.RU/> (дата останнього звернення 01.12.2016)

25. Ю.П.Ильин, Л.Н.Репетин, В.Н.Белокопытов, Ю.Н.Горячкин, Н.Н. Дьяков, А.А. Кубряков, С.В.Станичный. Гидрометеорологические условия морей Украины .Т.2. Черное море/- Севастополь, 2012.- 420с.

26. Морские прогнозы (под.ред. Абузярова З.К.) – Л., Гидрометеиздат, 1987. - 297 с.

27. Справочник по климату Черного моря.–М.: Гидрометиздат, 1974.–405 с.

28. Руководство по морским гидрологическим прогнозам. СПб, Гидрометиздат, 1994. - 521 с.

29. Абузяров З.К., Думанская И.О, Нестеров Е.С. Оперативное океанографическое обслуживание // Москва, Обнинск: ИГ-СОЦИН.-- 2009.— 275с.

30. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, ч. III , Гидрометиздат, 1975. - 305 с.