

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут
Кафедра океанології та
морського природокористування

КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Коливання рівня в деяких районах Світового океану

СКЛАД:

1. Коливання рівня в тропічній зоні Тихого океану

Виконавець : Смолінська Ірина Анатоліївна

Керівник : д. геогр.н., проф. Берлінський
Микола Анатолійович

2. Мінливість рівня в Атлантичному океані

Виконавець : Стоянов Олександр Степанович

Керівник : д. геогр.н., проф. Берлінський
Микола Анатолійович

Староста роботи : Смолінська Ірина Анатоліївна

Провідний науковий керівник : д. геогр.н., проф. Берлінський Микола Анатолійович.

Рецензент : д. геогр.н., проф. Хохлов Валерій Миколайович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут
Кафедра океанології та
морського природокористування

КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Коливання рівня в тропічній зоні Тихого океану

Виконала студентка групи МЗО-19
Спеціальність 103 « Науки про Землю»
Смолінська Ірина Анатоліївна

Керівник : д. геогр.н., проф. Берлінський
Микола Анатолійович

Рецензент : д. геогр.н., проф. Хохлов
Валерій Миколайович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет : Гідрометеорологічний інститут _____

Кафедра : Океанології та морського природокористування _____

Рівень вищої освіти : магістр

Спеціальність: 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма: Океанологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

“ ____ ” _____ 2020 року

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

Смолінська Ірина Анатоліївна

1. Тема роботи : Коливання рівня в тропічній зоні Тихого океану _____

Керівник роботи : д. геогр.н., проф. Берлінський Микола Анатолійович
затверджено наказом вищої освіти від “ ____ ” ____ 2020 року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: Дані коливань рівня на прибережних станціях Тихого океану. Супутникові дані коливань рівня у Тихому океані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) : Довгоперіодична мінливість коливання рівня у Тихому океані. Розрахунок багаторічних трендів коливань. Зв'язок цих коливань з факторами, що впливають на рівень. Зв'язок коливань рівня на міжрічних масштабах з Явищами Ель-Ніньо.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) : Графіки часового ходу коливань рівня на станціях тихоокеанського узбережжя. Коефіцієнти кореляції між коливаннями рівня на різних станціях. Взаємкореляційні функції та функції спектральної щільності.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище та ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		<u>Завдання видав</u>	<u>Завдання прийняв</u>

7. Дата видачі завдання _____ 2020 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1+	Одержання завдання на виконання магістерської роботи	14.10.20	90	відм
2+	Аналіз літературних джерел	15.10-30.10	85	добре
3+	Збір матеріальних спостереження	30.10-10.11	90	відм
4	Аналіз матеріалів спостереження	10.11-20.11	88	добре
5	Розрахунково-графічні роботи	20.11-05.12	90	відм
6	Оформлення роботи	05.12-10.12	90	відм
7	Проходження нормативного контролю.	8.12	90	відм
8	Рубіжна атестація	16- 21.11.2020	90	відм
	Здача на кафедрі	7.12		
	Перевірка на плагіат	10-13.12		
	Попередній захист роботи	15.12.20		
	Рецензування			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90	відм

Студент _____ Смолінська І. А.

підпис

Керівник роботи _____ Берлінський Н.А.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до комплексної кваліфікаційної магістерської роботи
Коливання рівня в деяких районах Світового океану

Теми індивідуальних проектів, виконавці і керівник :

1. Коливання рівня в тропічній зоні Тихого океану

Виконавець : Смолінська І. А.

Керівник : д. геогр.н., проф. Берлінський М. А.

2. Мінливість рівня в Атлантичному океані

Виконавець : Стоянов О. С.

Керівник : д. геогр.н., проф. Берлінський М. А.

Староста комплексної кваліфікаційної магістерської роботи :

Смолінська І.А.

Керівник проекту : д. геогр.н., проф.

Берлінський М. А.

Для виконання роботи використовувались середньомісячні дані коливань рівня на прибережних станціях Тихого океану та Атлантичного океану, а також супутникові дані коливань в Тихому і Атлантичному океанах. На основі статистичної обробки рядів спостережень отримано кількісні оцінки багаторічної мінливості рівня Тихого та Атлантичного океанів.

Отримані результати стосовно довгоперіодної та міжрічної мінливості коливань рівня порівнювались з аналогічними даними з літературних джерел, які включають результати обробки. Розглянуто зв'язок цих коливань з явищем Ель-Ніньо. Проведено порівняльний аналіз коливань рівня на берегових станціях з даними супутникових спостережень.

Виявлено тенденції змін мінливості рівня Світового океану, а саме : Тихого та Атлантичного океанів за останні роки. Отримані результати стосовно довгоперіодної та міжрічної мінливості коливань рівня на прибережних станціях океанів.

Загальна задача : Аналіз мінливості рівня Світового океану. Проведення порівняльного аналізу мінливості рівня моря на прибережних станціях з наведеними характеристиками мінливості з літературних джерел. Виявлення тенденцій збільшення мінливості рівня в акваторії Тихого та Атлантичного океанів.

Завдання ч.1 : Дослідження довгоперіодної мінливості рівня на окремих станціях Тихого океану. Визначення зв'язку коливань рівня на міжрічних масштабах з явищем Ель-Ніньо.

Завдання ч.2 : Дослідження довгоперіодної мінливості рівня на окремих станціях Атлантичного океану.

АНОТАЦІЯ

На магістерську роботу по темі « Коливання рівня в тропічній зоні Тихого океану» магістра групи МЗО-19 Смолінської Ірини Анатоліївни.

Актуальність обраної теми : аномально високі темпи зростання рівня Світового океану в останні роки.

Мета роботи: кількісне визначення темпів зростання рівня Тихого океану.

Завдання:

1) дослідження довгоперіодної мінливості рівня на окремих станціях Тихого океану.

2) визначення зв'язку коливань рівня на міжрічних масштабах з явищем Ель-Ніньо.

Об'єкт дослідження : екваторіальна зона Тихого океану.

Предмет дослідження: коливання рівня на ГМС станціях екваторіальної зони Тихого океану.

Методи дослідження: статистичний аналіз часових рядів.

Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення:

У роботі розглянуто коливання рівня на 11 станціях у тропічній зоні Тихого океану. Отримані результати стосовно довгоперіодної та міжрічної мінливості коливань рівня. Розглянуто зв'язок цих коливань з явищем Ель-Ніньо. Проведено порівняльний аналіз коливань рівня на берегових станціях за даними супутникових спостережень.

Структура, обсяг роботи :

Робота містить: 59 сторінок, вступу, п'яти розділів, висновку, двадцяти чотирьох рисунків, дванадцяти таблиць, вісімнадцяти літературних джерел.

Ключові слова: ТИХИЙ ОКЕАН, ТРОПІЧНА ЗОНА, ЕЛЬ-НІНЬО, РЕВЕНЬ, СТАНЦІЯ, МІНЛИВІСТЬ.

SUMMARY

Master's thesis "Level fluctuations in the tropical zone of the Pacific Ocean"
Master of the group. MZO-19 Smolinska Iryna.

Relevance of the chosen topic:

Abnormally high growth rates of the oceans in recent years.

The purpose of the work

Quantification of the growth rate of the Pacific Ocean

The task:

1) investigation of long-term level variability at individual stations of the Pacific Ocean.

2) the relationship determination of level fluctuations on an interannual scale with the El Niño phenomenon.

Object of study

Equatorial zone of the Pacific Ocean.

Subject of study

Level fluctuations at HMS stations of the Pacific Ocean equatorial zone.

Research methods

Statistical analysis of time series.

Results, their novelty, theoretical and practical significance

The paper considers level fluctuations at 11 stations in the tropical zone of the Pacific Ocean. The results concerning long-term and inter-annual variability of level fluctuations are obtained. The relationship between these fluctuations and the El Niño phenomenon is considered. According to satellite observations was performed a comparative analysis of level fluctuations at shore stations.

Structure, scope of work

The manuscript contains: 59 pages, introduction, five chapters, conclusion, twenty-four drawings, twelve tables, eighteen references.

Keywords

PACIFIC OCEAN, TROPICAL ZONE, EL NINYO, RHENEUS, STATION, VARIABILITY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ЗМІНИ РІВНЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	13
2. ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЗВ'ЯЗКУ КОЛИВАНЬ РІВНЯ ФАКТОРАМИ, ДІЮЧИМИ НА ЙОГО ФОРМУВАННЯ.....	18
3. ЕЛЬ-НІНЬО І КОЛИВАННЯ РІВНЯ В ТРОПІЧНІЙ ЗОНІ ТИХОГО ОКЕАНУ.....	23
4. ВИКОРИСТАНІ МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ І МЕТОДИКА ЇХ ОБРОБКИ.....	35
5. АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	38
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61

ВСТУП

Поверхня рівня світового океану (рівень або вільна поверхня океану) - це поверхня, перпендикулярна напрямку гравітації. Пам'ятайте, що сила тяжіння в цій точці дорівнює всім силам, що діють на цю точку. Основними силами є гравітаційне притягання землі та відцентрова сила щоденного її обертання. Безперешкодна припливами, течіями та іншими факторами, вільна поверхня Світового океану має форму еліпсоїда обертання.

У нашій країні для геодезичних робіт використовується еліпсоїд Красовського, який має розмір напівголової осі (радіус землі в екваторіальній площині) 6378245 м і ступінь стиснення (зменшення радіуса землі біля полюсів) 0,00335. Реальна вільна поверхня океану через нерівномірний розподіл щільності на поверхні, найближчій до поверхні кори, трохи відрізняється від еліпсоїда обертання і є геоїдом. Загалом, однак, ці відхилення невеликі і не перевищують 100 м, що є незначним порівняно з радіусом земної кулі.

У середині минулого століття, коли вони почали точно вирівнювати місцевість при вимірюванні висоти, за середній рівень моря приймали нульовий рівень моря, оскільки вважалося, що вони однакові. Подальші дослідження показали, що ці значення насправді різні. Тому для нульових поверхонь нівелірних систем у наш час є плоскі поверхні, які проходять через умовні нульові висоти цих систем. На додаток до цих факторів - гравітаційної та відцентрової сили Землі - на рівну поверхню океану впливають (хоча і в значно меншій мірі) інші фактори, що викликають коливання рівня в часі та просторі.

Основними причинами коливань океану та морів є:

- 1) вплив гідрометеорологічних факторів, що визначають вертикальний та горизонтальний рух водних мас;
- 2) вплив космічних припливних сил Місяця і Сонця на морську воду;
- 3) вплив геодинамічних сил, що виявляються в тектонічних процесах у земній корі (підводні землетруси, розломи та зсуви). Коливання рівня під впливом гідрометеорологічних процесів поділяються на:
 - Коливання рівня внаслідок зміни тиску повітря; • •
 - згінно-нагінні коливання рівня;
 - Коливання рівня через нерівності припливу або відтоку води (випаровування, опади, стік річок);
 - Коливання рівня через зміну щільності води.

Коливання рівня, викликані тектонічними процесами в земній корі, в свою чергу поділяються на різні типи:

- Зміни рівня через повільні вертикальні рухи приземлень і падінь. Це не вібрація самого рівня, а підняття або опускання берега, на якому проводяться спостереження. Отже, просто здається, що рівень води коливається, насправді поверхня землі коливається. Такі коливання називаються віковими.

Одним із прикладів є Ботнічна затока в Балтійському морі, де суша повільно піднімається, а рівень моря відносно падає.

- Зміни рівня, пов'язані з рухами земної кори. Це підняття або опускання великих площ морського дна та зміна потужності морських басейнів. Ці процеси надзвичайно повільні протягом геологічних епох.

- Швидкі зміни рівня, спричинені підводними землетрусами або раптовими зсувами на дні моря, що спричиняють небезпечні хвилі цунамі. Особливу увагу дослідники приділяють коливанням рівня, спричиненим зменшенням або збільшенням обсягу води у Світовому океані. Цей процес можна пояснити утворенням (таненням) континентального льоду внаслідок похолодання чи потепління. Багато вчених вважають, що значне підвищення рівня Світового океану за останнє століття є результатом цього процесу. Тому коливання рівня можна розділити на дві основні групи: коливання об'єму, які пов'язані зі зміною кількості води в басейні, та деформації, які спричинені переміщенням водних мас з однієї частини океану в іншу.

У цій статті аналізуються коливання рівня з мінливою мінливістю, відношення коливань рівня в екваторіальному Тихому океані до таких характеристик, як коливання сонячної активності (виражене через кількість вовків), коливання швидкості обертання Землі, показники циркуляції атмосфери та коливання рівня евстатизму.

Тихий океан - найстаріший океан на нашій планеті. Значна його частина знаходиться в гарячій теплій зоні. Тихий океан має більшість островів. Він розділений майже посередині екватором, і через його воду проходить 180 меридіанів. Максимальна глибина Тихого океану – 11022 м (Маріанський жолоб). Тихий океан включає 25 морів. Екваторіальне положення Тихого океану робить його величезним сховищем тепла і найтеплішим океаном. Величезна площа океану також сприяє утворенню сильних повітряних потоків, які впливають на клімат Землі.

Початок європейського розвитку Тихого океану поклав Ф. Магеллан, експедиція якого здійснила кругосвітню подорож у 1519-1521 роках. Моряки, які перетнули велику водойму зі сходу на захід, ніколи не потрапляли в шторм. Над океаном погода була тихою. Через це вони називали його спокійним.

Тихий океан - єдиний, який майже виключно розташований у межах літосферної плити - Тихого океану. У місцях його взаємодії з іншими плитами існували сейсмічно активні зони, що утворювали тихоокеанський сейсмічний пояс, також відомий як "Вогняне кільце" (область вулканів і землетрусів).

Незважаючи на свою назву, Тихий океан є найбільш бурхливим у світі. В центральній частині панують пасати. Руйнівні тайфуни на заході. У помірних широтах переважає перенесення повітряних мас на захід. На півночі та півдні часто бурі. Значна протяжність океану з півночі на південь призводить до змін середньорічних температур води від -1 до +30 градусів. В результаті

значних опадів (кількість опадів більша, ніж випаровування), солоність поверхневих вод дещо нижча, ніж в інших океанах.

Береги Тихого океану виходять на райони понад 50 країн, де проживає майже половина світового населення. На Тихий океан припадає половина світового вилову риби. У деяких частинах океану (поблизу США, Австралії) видобувають нафту, вугілля та металеві руди.

Через Тихий океан пролягають важливі морські шляхи. Вони є найдавнішими на землі.

Щороку забруднення морської води нафтою та нафтопродуктами з материка збільшується.

Під блакитними районами Тихого океану знаходяться острови Океанії. Історія відкриття та дослідження Океанії розпочалася з першого світового туру Фернандо Магеллана.

1 ЗМІНИ РІВНЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Світовий океан - це суцільна оболонка води, яка омиває всі континенти та острови і має загальні характеристики у складі солі. Світовий океан є основною частиною гідросфери, займає близько 70,8% світу і включає океани, моря, затоки та протоки. Світовий океан відіграє надзвичайну роль у кругообігу води на планеті. Наука, яка вивчає океани і моря, називається океанографією, а в деяких країнах - океанографією.

Єдність і безперервність Світового океану при відносно вільному обміні між їх частинами є фундаментальним для океанографії. Єдність океану як водойми забезпечується його безперервним переміщенням у горизонтальному та вертикальному напрямках. В океані, як і в атмосфері, немає різких природних кордонів, всі вони більш-менш поступові. Ось глобальний механізм перетворення енергії та метаболізму, що сприяє нерівномірному нагріванню поверхневих вод та атмосфери від сонячної радіації.

Світові моря розділені на 5 основних частин (океанів): Тихий, Атлантичний, Індійський, Північний Льодовитий і Південний океани. Статус Південного океану було остаточно надано у 2000 році рішенням Міжнародної гідрографічної організації шляхом розділення Атлантичного, Індійського та Тихого океанів. В основу покладено наукові докази того, що цей регіон Світового океану (між узбережжям Антарктиди та 60-й паралеллю півдня) має особливу екосистему та має унікальний вплив на глобальний клімат. У свою чергу морська вода чергується з багатьма меншими формаціями - морями, протоками та затоками. Найбільший і найглибший - Тихий. Далі йдуть Атлантичний, Індійський, Південний та Північний Льодовитий океани. Динаміка Світового океану базується на різних факторах (космічних, атмосферних, тектонічних) і проявляється у вигляді хвиль, течій, припливів та відпливів тощо.

Середньорічна температура поверхневої води Світового океану становить $+17,5^{\circ}\text{C}$ поблизу екватора $+28^{\circ}\text{C}$ у полярних широтах - від $-1,5^{\circ}\text{C}$ до $-1,9^{\circ}\text{C}$. На глибині розподіл температури визначається Процеси горизонтальної та вертикальної циркуляції визначаються водними масами. У нижньому шарі температура води майже постійна - від $+1,4$ до $+1,8^{\circ}\text{C}$ у полярних широтах - нижче 0°C .

Наявність певної кількості солей у морі та морській воді характеризується солоністю. Солоність - це загальний вміст усіх твердих речовин в 1 кг морської води, виражений в грамах. Вимірюється в проміле. Середня солоність океанів становить 35 ‰ [19].

Сучасний стан проблеми коливань рівня Світового океану з урахуванням внеску різних факторів викладено у доповіді Міжурядової групи з питань зміни клімату. (Міжурядова комісія з питань зміни клімату) у 2000 р. Згідно з цим звітом, відповідно до деяких сценаріїв зміни клімату на основі

результатів чисельного моделювання, подвоєння CO₂ та відповідне збільшення середньої глобальної температури поверхні суттєво змінять компоненти водного кругообігу, в т.ч. зменшення маси гірських льодовиків, морського льоду і шельфових льодовиків в Антарктиді. Як результат, рівень Світового океану може піднятися на 10-30 см до 2030 р. І на 30-100 см (швидше за все, 65 см) до кінця наступного століття.

Звичайно, якщо такий розвиток кліматичних змін стане реальністю, існує ризик катастрофічної шкоди інфраструктурі прибережних районів, де проживає близько мільярда людей. Тому проблема можливих змін рівня Світового океану, пов'язаних із глобальним потеплінням, стає надзвичайно актуальною.

Регулярні систематичні спостереження за рівнем моря мають давню історію. Перші вимірювання рівня розпочалися в Амстердамі в 1765 році. На сьогодні мережа спостережень налічує понад 1700 станцій, які об'єднані в єдину міжнародну систему. GLOSS (Global Sea Observing System) - глобальна система спостереження за рівнем моря. Ця система базується на середньомісячних даних рівня моря, що зберігаються в базі даних Постійної служби системи спостережень за середнім морем (PMSL).

Існує також інший метод вивчення параметрів океану, метод супутникової альтиметрії, який може надати оцінки плоскій поверхні океану майже у всіх водах, а не лише вздовж узбережжя.

Супутниковий альтиметр вимірює відстань між поверхнею дисплея та супутником під час вбудованого радіолокаційного сигналу альтиметра. Висоту океану можна визначити, самостійно визначивши параметри орбіти супутника.

Оскільки існує велика кількість різних факторів, що впливають на формування рівня, доцільно об'єднати їх у три основні групи: космогеофізичні сили, геологічні та геодинамічні процеси, гідрометеорологічні процеси [2].

До космогеофізичних факторів належать припливна сила Місяця і Сонця, вільні та вимушені коливання полюсів Землі, нерівномірність змін швидкості Землі та астрономічні сили, пов'язані зі зміною параметрів земної орбіти, її положенням у Сонячній системі тощо. Приливні сили в основному утворюють коливання рівня напівдобового та добового рівня, які через періодичність легко можна виключити при усередненні даних рівня за місяць і особливо за рік. Накладення вільних (14 місяців) та вимушених (12 місяців) вібрацій на полюсах Землі викликає явище резонансу. В результаті цього явища відбувається "полярна" повінь тривалістю 6-7 років, амплітуда якої може досягати декількох см. Закономірності формування статичного довгострокового припливу. «Прилив обертання», спричинений нерівномірними змінами швидкості обертання землі, не перевищує кількох міліметрів. Астрономічні фактори викликають коливання рівнів протягом періодів від тисяч до мільйонів років.

До геолого-геодинамічних процесів належать землетруси, виверження вулканів, тектонічні рухи земної кори, накопичення донних відкладень внаслідок твердого стоку річок, льодовиків, прибережної ерозії тощо, що викликають коливання рівнів деформації, а також обмін води через морське дно і моря. глибока (юнацька) вода, що супроводжується зміною обсягу води. Вони характеризуються тим, що вони призводять або до епізодичних імпульсивних змін рівня (підводні землетруси та виверження вулканів) у вигляді цунамі та великих сейші, або до вікових змін між масштабами, які вимірюються протягом тисячоліть і мільйонів років. Типовим прикладом є потужне цунамі в Індійському океані наприкінці грудня 2004 року, в результаті якого було вбито понад сотні тисяч людей.

З практичної точки зору особливий інтерес представляють гідрометеорологічні процеси, які включають компоненти водного балансу, вітру, атмосферного тиску, зміни щільності морської води та течії, що утворюють широкий діапазон тимчасових коливань з періодами від хвилин до сотень і тисяч років. Коливання рівня, спричинені компонентами водного балансу, відомі як льодовиковий або просто евстатичний. спричинені змінами атмосферного тиску - анемобічними (статичними) та змінами щільності морської води - стеричними. Загальний вплив гідрометеорологічних факторів, за винятком вітрових хвиль, зазвичай становить кілька десятків сантиметрів, а в деяких районах за певних умов (наприклад, шторми) може досягати декількох метрів.

Таким чином, сума евстатичних та стеричних факторів визначає коливання об'єму морської води, тоді як усі інші вже пов'язані з деформаційними коливаннями рівня. Відомо, що об'ємні коливання рівня пов'язані зі зміною кількості води в басейні, а деформації - це ті коливання, при яких маса води в морі (басейні) перерозподіляється з постійним об'ємом води, так що рівень піднімається і зростає в деяких районах інші вимкнені. По відношенню до глобального рівня Світового океану деформаційні коливання слід розглядати з точки зору двох термінів - накопичення в ґрунті опадів і тектонічних рухів земної кори.

Можна припустити, що коливання глобального рівня Світового океану, як показник процесів глобального водообміну та перерозподілу гідросфери, повинні бути тісно пов'язані зі зміною клімату.

Приблизно на початку 1940-х спостерігалось відносно швидке підвищення температури. Це було особливо виражено у високих широтах північної півкулі. Звідси 20-40-ті роки отримали назву "Арктичне потепління". Потім було майже повсюдне похолодання до середини 1970-х. Останнє десятиліття 20 століття вважається найтеплішим з усіх інструментальних спостережень за температурою повітря.

Якщо зробити чіткий висновок про глобальне потепління у 20 столітті, то виникає питання про причини цього процесу.

Клімоутворюючі фактори можна розділити на 4 групи:

1) зовнішні астрономічні фактори;

- 2) зовнішні (по відношенню до кліматичної системи) геофізичні фактори;
- 3) внутрішні геофізичні фактори;
- 4) Антропогенні фактори.

Антропогенні зміни клімату в основному пов'язані з викидами промислових відходів (газів та різних домішок) та спалюванням викопного палива (газів, деревини, нафтопродуктів).

У той же час вуглекислий газ CO₂ заслуговує на особливу увагу, швидко зростання його вмісту вже давно відзначається дослідниками. В даний час атмосфера містить на 25% більше CO₂, ніж накопичилося за останні 160 000 років, і вміст цього газу щорічно збільшувався на 0,5%. Очікується, що він збільшиться вдвічі з доіндустріального віку приблизно до 2050 року. З 1970-х років збільшення концентрації CO₂ перевищило збільшення споживання вуглецю безпосередньо від спалення викопного палива, що, в свою чергу, зумовлене кумулятивним ефектом низки факторів (можливе зменшення поглинання CO₂ в океані, вирубка лісів тощо).

Сьогодні велика кількість дослідників вважає, що спостерігається глобальне потепління в основному спричинене збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері. Звичайно, парникові гази певною мірою сприяють глобальному потеплінню, але це пов'язано не тільки зі збільшенням концентрації парникових газів, але й природними факторами. Цей висновок можна зробити з кількох причин:

- Збільшення концентрації CO₂ та інших парникових газів може бути частково спричинено природними факторами.

- Просторовий розподіл потепління в двох півкулях абсолютно різний і не відповідає результатам чисельного моделювання.

- Оцінки "потепління теплиці" дають значення, близькі до природних умов клімату;

- Дуже важливо, що потепління у 20 столітті було зосереджене у два періоди: у 20-40-х роках і після 1975 року. З 40-х до початку 70-х років північна півкуля зазнала охолодження клімату, хоча на той час галузь швидко розвивалася. У південній півкулі температура поверхні залишалася незмінною. Після 1975 року потепління було дуже неоднорідним. У деяких регіонах (переважно в північній півкулі) похолодання тривало до недавнього часу.

Можна також припустити, що зі збільшенням температури поверхні кількість опадів над океаном збільшується.

Як результат, рівень Світового океану повинен бути підвищений як прямо, так і опосередковано за рахунок зменшення щільності морської води. Крім того, може підніматися температура верхнього шару, що також підвищує рівень. Що стосується підвищення температури, то в цьому випадку підвищення рівня океану може бути пов'язане зі зміною маси льодовикових покривів Антарктиди та Гренландії, а також із підвищенням температури океану.

Дослідники підрахували, що рівень Світового океану піднімався в середньому на 1 мм на рік до індустріального віку. Після промислової революції підняття рівня моря подвоїлося. Рівень Світового океану зараз зростає на 2 мм на рік, що вдвічі перевищує темпи, з якими рівень моря піднімався за п'ять тисяч років до індустріального віку. Зміни розпочалися в середині 19 століття, коли робота заводів і фабрик та збільшення використання вугілля, а згодом нафти спричинили парниковий ефект в атмосфері. "Найважливішою зміною в 19 столітті стало збільшення використання викопного палива та створення великої кількості парникових газів", - говорить професор Міллер.

За даними NASA, рівень моря піднімався в середньому на 2 міліметри на рік протягом 50 років. Однак за останні 12 років вода зростала на три міліметри на рік.

NASA має цілий супутниковий комплекс для моніторингу рівня моря. Перш за все, це американсько-французький супутник TOPEX / Poseidon, який використовує радар для визначення рівня моря. Супутник GRACE детально вимірює земне гравітаційне поле і дозволяє стежити за рухом води на поверхні та в кишечнику землі. Нарешті, супутник ICESAT контролює стан полярних крижаних шапок Землі. З їх таненням вчені приписують спостережуване прискорення підвищення рівня моря. За підрахунками, підйом рівня моря на 1 метр серйозно змінить життя понад 100 мільйонів людей.

Австралійські вчені, які аналізували дані з реєстраторів рівня моря у всьому світі, виявили, що рівень моря з 1870 по 2004 рік піднявся на 19,5 см, а рівень моря особливо швидко піднімався за останні 50 років. І темпи приросту прискорюються. За весь період з 1870 по 2004 рік середній підйом рівня моря становив 1,44 мм на рік. Однак у 20 столітті рівень піднімався в середньому на 1,77 мм на рік, а якщо взяти до уваги період з 1950 року, то середній приріст становив 1,75 мм на рік.

Хоча існуючі кліматичні моделі також передбачають підвищення рівня моря, австралійські вчені першими підтвердили цю тенденцію даними протягом тривалого періоду часу. Якщо зростання триватиме такими ж темпами, як зараз, вчені попереджають, що море підніметься на 28-34 см у поточному столітті.

2 ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЗВ'ЯЗКУ КОЛИВАНЬ РІВНЯ ФАКТОРАМИ, ДІЮЧИМИ НА ЙОГО ФОРМУВАННЯ

Коливання рівня моря та сонячна активність. Варіації сонячної енергії можуть впливати на погоду та клімат Землі, безпосередньо впливати на рівень Світового океану, коливання енергії, пов'язані з сонячною активністю, не можуть, але існують фактори, пов'язані з циклами сонячної активності, які викликають коливання рівня відповідний час може викликати Терези. Деякі вчені вважають, що коливання сонячної активності призводять до збільшення таких метеорологічних факторів, як атмосферна циркуляція, атмосферний тиск, ожеледиця, опади та стік річок. Всі ці фактори можуть впливати на коливання рівня океану.

Основною властивістю сонячної активності є кількість сонячних плям, які видно на сонячному диску в будь-який момент часу. Підрахунок кількості сонячних плям розпочався в середині 18 століття і проводився з 1843 року за методом, запропонованим швейцарським астрономом Р. Вольфом. Спектральний аналіз серії спостережень за сонячними плямами, проведений різними дослідниками, виявив кілька різних періодів часу, які відрізняються залежно від довжини зразка та способу обробки.

Однак основні характеристики різних спектрів загалом схожі, а саме:

- 1) існує короткий проміжок часу приблизно 5,5 років;
- 2) 11-річний період складається з триплету, коли найкоротший період - 8 років, а найдовший - 13 років.
- 3) Існує більш базовий 22-річний цикл, що складається з двох 11-річних циклів. Під час цього циклу змінюється магнітна полярність біполярних груп сонячних плям;
- 4) Існує також тривалий період близько 90 років.

Коливання висоти та обертання землі. У літературі є теорії про те, що рухи атмосфери та океану тісно пов'язані із сонячними припливами Місяця та рухом полюсів Землі. Відповідний механізм комунікації не повністю зрозумілий [5]. Циркуляція атмосфери, що виникає внаслідок нерівномірного надходження тепла в атмосферу, стимулює течії в океані. Взаємозв'язок між циркуляцією атмосфери та процесами в океані створює стохастичні коливання океану та атмосфери. Вони взаємодіють із примусовими припливними коливаннями Місяць-Сонце. Повітряні та водні маси перерозподіляються на земній поверхні і змінюють тензор інерції. Земна вісь відхиляється від осі обертання, що за законами механіки призводить до вільної нутації або руху земних полюсів.

Зовнішній вплив припливів і відпливів накладається на внутрішні стохастичні коливання атмосфери та океану. Через це в системі земля-атмосфера-океан виникає комбінаторний резонанс.

Рухи океану та атмосфери стимулюють вільну нутацію полюсів. Рух полюсів Землі створює полярний приплив в океані та атмосфері, який

взаємодіє з тривалими припливами. Рух полюсів Землі, багаторічні хвилі, Ель-Ніньо та Ла-Ніньо в океані, південні коливання в атмосфері та квазі-дворічні цикли вітру в екваторіальній стратосфері є окремими частинами єдиного явища - багаторічних коливань системи Земля-океан-атмосфера. Оскільки атмосфера знаходиться в постійному русі відносно земної поверхні, сили виникають внаслідок механічної взаємодії атмосфери з поверхнею внизу. Між атмосферою та землею відбувається обмін імпульсом, наслідком якого є нестабільність земної швидкості. Крім того, на коливання швидкості обертання Землі та руху її полюсів також впливають зміни крижаного покриву планети, як через зміну її форми, так і через зміну геометрії планети, коли рівень моря змінюється внаслідок танення льоду. Однак ці модельні розрахунки є дуже неповними, і методологічна помилка, яку вони містять, перевищує отриманий кількісний результат.

Коливання рівня і температура. В мережі ІНТЕРНЕТ були знайдені (і використані для даної дипломної роботи) графіки зміни температури за останні сто сорок років і графік змін рівня приблизно за той же період. Ці графіки зображені на рис. 2.1 і 2.2. На рис.2.1 зображений графік часової зміни температури повітря на Землі. На даному графіку можна виділити декілька періодів. З початку ряду до 1910 року - незначне похолодання, з 1910 по 1942 - зростання температури приблизно на 0.5° , з 1942 по 1975 - знову незначне похолодання і з 1975 по теперішній час - інтенсивне зростання також приблизно на пів градуса.

Джерела цих змін температури не з'ясовані, проте більшість дослідників вбачають, що інтенсивне підвищення температури в двадцятому столітті пов'язане з господарською діяльністю людини.

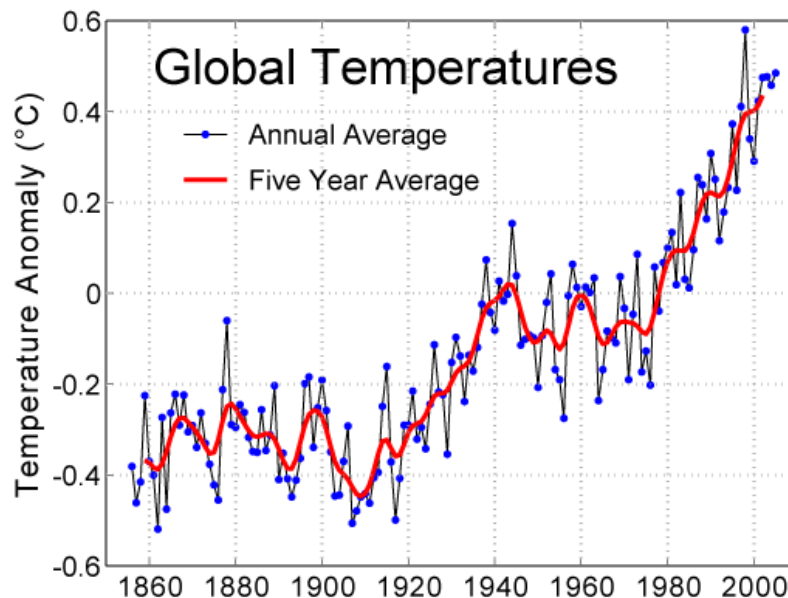


Рис.2.1 Графік аномалій змін температури повітря на земній кулі за 1855-2005 роки (середньорічні значення і значення, усереднені за п'ятиріччя)

На малюнку 2.2 показано рівень океанів у часі. Ця картина також складені з інструментальних спостережень і зібрані оброблена в океанографічній лабораторії Прудмана, Ліверпуль, Великобританія.

Кольорові лінії на цьому малюнку представляють прогресування рівня на двадцять три.

Для геологічно стабільних станцій чорна лінія є середнім показником для 23 станцій із середнім рівнем протягом трьох років, а червона лінія показує хід рівня відповідно до супутникових альтиметричних спостережень. Аналіз цих даних, а також палеокліматичних даних показав, що за період з 1000 р. До н. На початку XIX століття темпи приросту становили 0,1-0,2 мм на рік. З 1900 р. Темпи приросту зросли з 1 до 3 мм на рік. Супутникові спостереження також дозволяють припустити, що середній темп зростання з 1992 по 2005 рік становив 3 мм на рік.

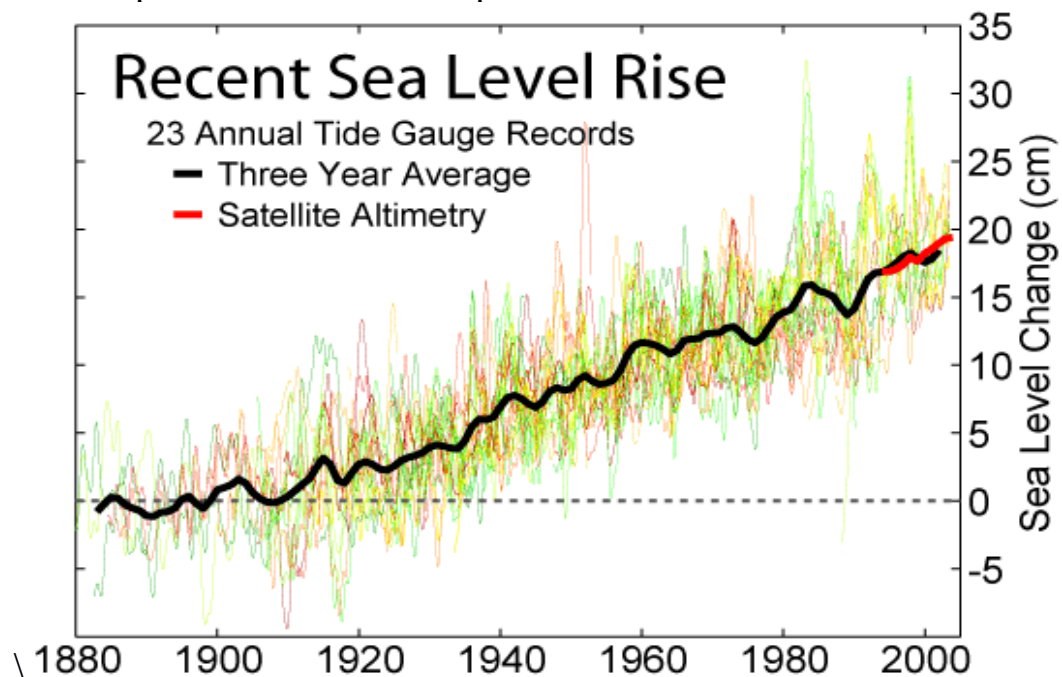


Рис.2.2 Часовий хід змін рівня Світового океану

Порівняння графіків 2.1 та 2.2 показує, що зміни рівня не збігаються.

Зміна відносного зниження температури та її швидке зростання не здійснюються за подібних коливань рівня. Друга особливість Рівень з часом можна розглядати як той, що показаний на графіку Зверніть увагу на досить регулярно повторювані сегменти з невеликими перепадами рівня. Що загалом не можна відзначити на схемах окремих рівнів Станцій. Частота їх коливається від 5 до 10 років.

Перегляньте дані зі Світового океану за останні 15 років за допомогою супутникових альтиметричних спостережень. Ці спостереження розпочалися у серпні 1992 р. (Запуск американсько-французького супутника Тореx / Poseidon, який тривав до 2005 р.).

У 2001 році був запущений ще один супутник для вимірювання рівня моря Джейсона-1, який зараз проводить спостереження. На рисунку 2.3 показано графічне зображення коливань рівня океану під час десятиденних спостережень. Максимальна похибка - 3-4 мм.

Аналіз графіка показує, що протягом звітного періоду спостерігалось зростання рівня із середньою швидкістю $3,2 \pm 0,4$ мм / рік. І це зростання було лінійним, за винятком останніх двох років (приблизно з 2006 року).

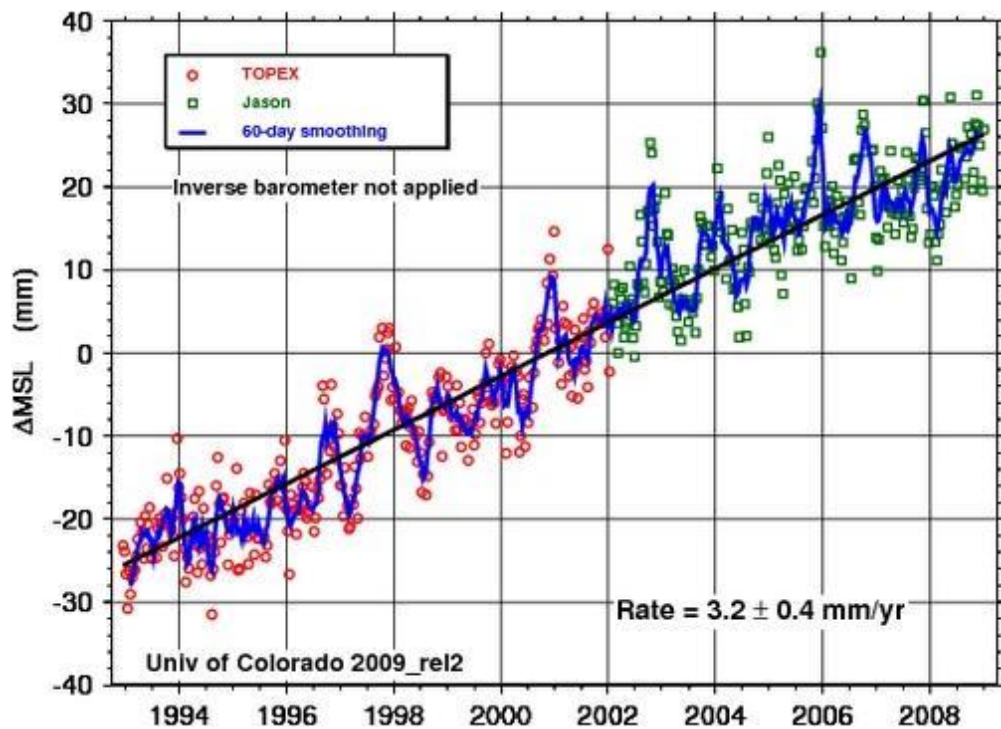


Рис.2.3 Часовий хід зміни рівня Світового океану за 1993-2008 роки

У таблиці 2.1 показано розрахунки різних дослідників, які оцінюють підйом рівня зі стеричним розширенням - термічне розширення маси.

Таблиця 2.1 - Оцінки підвищення рівня моря, за умови стеричного розширення.

Автор	Даний Період	Товщина шару	Оцінка стеричної зміни рівня і його ср.кв. помилка
Антонов та ін. (2005)	1955-1988	0-3000	0,40 +/- 0,05
Антонов та ін. (2005)	1955-2003	0-700	0,34+/-0,04
Ішии і ін (2005)	1955-2003	0-700	0,38+/-0,04
Антонов та ін. (2005)	1993-2003	0-700	1,23+/-0,2
Ишии і ін (2005)	1993-2003	0-700	1,8+/-0,2
Вілліс і ін (2005)	1993-2003	0-750	1,6+/-0,3

У таблиці наведені рейтинги різних дослідників загалом так само. Однак необхідно вказати на зростання стеричної тенденції. Зростання рівня за 1993-2003 роки збігається із загальним зростанням.

Рівень вказаний альтиметричними супутниковими спостереженнями за цей період. Якщо ці оцінки є достовірними, можна зробити висновок, що 30-50% загального приросту відбувається за рахунок збільшення рівня завдяки тепловому розширенню водних мас.

3 ЕЛЬ-НІНЬО І КОЛИВАННЯ РІВНЯ В ТРОПІЧНІЙ ЗОНІ ТИХОГО ОКЕАНУ

Південні коливання та Ель-Ніньо (ісп. El Niño - Kid, Boy) - це глобальне океанічне явище. Відмінною особливістю Тихого океану Ель-Ніньо та Ла-Нінья є коливання температур поверхневих вод у тропіках східної частини Тихого океану. Назви цих явищ, запозичені з іспанської мови тубільців і вперше введені в науковий обіг Гілбертом Томасом Уокером в 1923 році, означають "хлопчик" або "дитина". Його вплив на клімат південної півкулі важко переоцінити. Південні коливання (атмосферна складова явища) відображають щомісячні або сезонні коливання різниці тиску повітря між островом Таїті та містом Дарвін в Австралії.

Ель-Ніньо (іспанською: El Niño - дитина, хлопчик) та Ла-Нінья (іспанська: La Niña - дівчинка) є типовими для екваторіального Тихого океану, стикаючись з екстремальними значеннями температури води та тиску повітря, які тривають близько півроку. Явище Ель-Ніньо - це різке підвищення температури (5-9 ° C) поверхневого шару води у східній частині Тихого океану (в тропіках і в центральній частині) на площі близько 10 млн. Км². Ла-Нінья - протилежність Ель-Ніньо - проявляється зниженням температури поверхневих вод нижче кліматичної норми у східній частині тропічного Тихого океану. Разом вони утворюють так зване південне коливання.

Ель-Ніньо - це планетарне явище, яке прямо чи опосередковано впливає на погоду на більшій частині землі. Вважається, що його вплив відчувається в Україні.

Тираж, названий на честь Уокера, є важливим аспектом тихоокеанського явища ENSO (El Niño Southern Oscillation). ENSO - це серія взаємодіючих частин глобальної системи океано-атмосферних коливань клімату, які виникають в результаті океанічної та атмосферної циркуляції. ENSO є найвідомішим у світі джерелом цілорічної погоди та мінливості клімату (від 3 до 8 років). ENSO має підписи в Тихому, Атлантичному та Індійському океанах.

У Тихому океані Ель-Ніньо поширюється на більшість тихоокеанських тропіків під час значних теплих подій і безпосередньо пов'язаний з інтенсивністю SOI (Південний вібраційний індекс). Хоча події ENSO в основному відбуваються між Тихим та Індійським океанами, події ENSO в Атлантиці відстають від перших на 12-18 місяців. Більшість країн, що постраждали від ENSO, - це країни, що розвиваються, економіки яких сильно залежать від сільського господарства та рибного господарства. Нові способи прогнозування спалаху подій ENSO у трьох океанах можуть мати глобальні соціально-економічні наслідки.

Оскільки ENSO є глобальною та природною частиною клімату Землі, важливо знати, чи можуть зміни в інтенсивності та частоті бути наслідком глобального потепління.

Ель-Ніньо та Ла-Нінья офіційно визначені як довготривалі аномалії температури поверхні моря понад $0,5^{\circ}\text{C}$, що перетинають Тихий океан у центральних тропіках. Якщо стан до $+0,5^{\circ}\text{C}$ ($-0,5^{\circ}\text{C}$) спостерігається протягом п'яти місяців, це класифікується як стан Ель-Ніньо. Якщо аномалія триває п'ять місяців і більше, вона класифікується як епізод Ель-Ніньо. Останнє відбувається через нерегулярні інтервали 2-7 років і, звичайно, триває рік-два.

Тепла течія Ель-Ніньо, яка складається з тропічної води з низьким рівнем планктону і зігрівається своєю східною протокою в екваторіальній течії, замінює холодну, багату на планктон воду Течії Гумбольдта, також відому як Перуанська течія, яка містить великі популяції промислових риб. У більшості років потепління триває лише кілька тижнів або місяців. Після цього погодні умови знову нормалізуються, а риболовля збільшується. Однак, якщо умови Ель-Ніньо зберігатимуться протягом декількох місяців, океан буде сильніше прогріватися, і місцевий промисел на закордонному ринку може зазнати серйозного економічного удару.

Циркуляція Уокера видно на поверхні у вигляді східних пасатів, які рухають воду та повітря на захід і зігріваються сонцем. Це також створює океанічний бум біля узбережжя Перу та Еквадору, а багата планктоном холодна вода виходить на поверхню, збільшуючи кількість риби. Західна екваторіальна частина Тихого океану характеризується теплою, вологою погодою та низьким тиском повітря. Накопичена волога випадає у вигляді тайфунів та штормів. Як результат, океан у цій точці на 60 см вище, ніж у його східній частині.

У Тихому океані Ла-Нінья на східному екваторі характеризується надзвичайно холодними температурами порівняно з Ель-Ніньо, який, у свою чергу, характеризується надзвичайно високими температурами в тому ж регіоні. Атлантичні тропічні циклони, як правило, збільшуються під час Ла-Ніньї. Штат Ла-Нінья часто трапляється після Ель-Ніньо, особливо коли останній дуже сильний.

Зазвичай пасати проганяють шар теплої води від американського узбережжя до Азії. Течія приблизно зупиняється в регіоні Індонезії. У цей момент висота морської поверхні перевищила позначку на перуанському узбережжі на 60 сантиметрів. Над нагрітим океаном утворюються хмари, які

зазвичай проливаються над Південною Азією, як мусонні дощі. Але коли Ель-Ніньо "проявляє характер", пасати слабшають або взагалі не дмуть. Нагріта вода поширюється набік і повертається до американського узбережжя.

Зараз дослідники зрозуміли це явище і назвали його "південними варіаціями". Подібно лазні, вони розгойдують нагріту морську воду із заходу на схід і назад. Тільки в морі все йде набагато повільніше, ніж у ванній. За хитається водою тягнуться дощові хмари, які зазвичай проливались над Індонезією та Австралією з вересня по жовтень.

Ель-Ніно, сезонно тепле у поверхневих водах із низькою соленістю у східній частині Тихого океану. Поширюється влітку південної півкулі уздовж узбережжя Екватору від екватора до $5-7^{\circ}$ півдня. ш. Через кілька років Е. - М. зміцнюється і проникає далеко на південь (до 15° пд. С.), Щоб витіснити з узбережжя холодну воду перуанської течії. Тонкий шар теплої води Е.М. зупиняє надходження кисню в підземні шари, що згубно впливає на планктон і рибу багатих перуанських виробничих районів. Проливні дощі спричиняють катастрофічні повені на нормально сухому узбережжі. Проникнення теплої води на південь відбувається внаслідок ослаблення пасатів та припинення підйому холодної підземної води на поверхню в прибережній зоні океану. Зазвичай це катастрофічне явище спостерігається в кінці грудня - на початку січня. Це було особливо яскраво виражено в 1891, 1925, 1941, 1953, 1957-58 та 1972-73 роках. У роки розвитку Е. анчоуса анчоуси або гинуть, або залишають прибережні води, спричиняючи високу смертність у поїдаючих рибу морських птахів та зменшуючи кількість гуано, що використовується як риба. - Х. Добрива.

Зміни, пов'язані з ЕНУС, спричиняють значні коливання погоди та клімату у всьому світі, які зберігаються з року в рік. Останні часто мають дуже сильний вплив на людей та суспільство через пов'язані з цим посуху, повені, хвилі спеки та інші зміни, що серйозно порушують діяльність у галузі сільського господарства, риболовлі, навколишнього середовища, охорони здоров'я та попиту на енергію. Зміни, якість повітря та пожежа. ЕНПС також відіграє дуже важливу роль у модулюванні обміну CO_2 з атмосферою. Ель-Ніньо порушує нормальний підйом холодної глибокої води, багатой поживними речовинами та CO_2 , у тропічній частині Тихого океану.

Цей розділ намагається знайти взаємозв'язок між індексом атмосферної циркуляції SOI (ПК) та коливаннями рівня моря. Для аналізу використовувались дані середньорічних значень індексу південних коливань та середньорічних значень рівня на станціях Сідней, Гонолулу та Бальбоа.

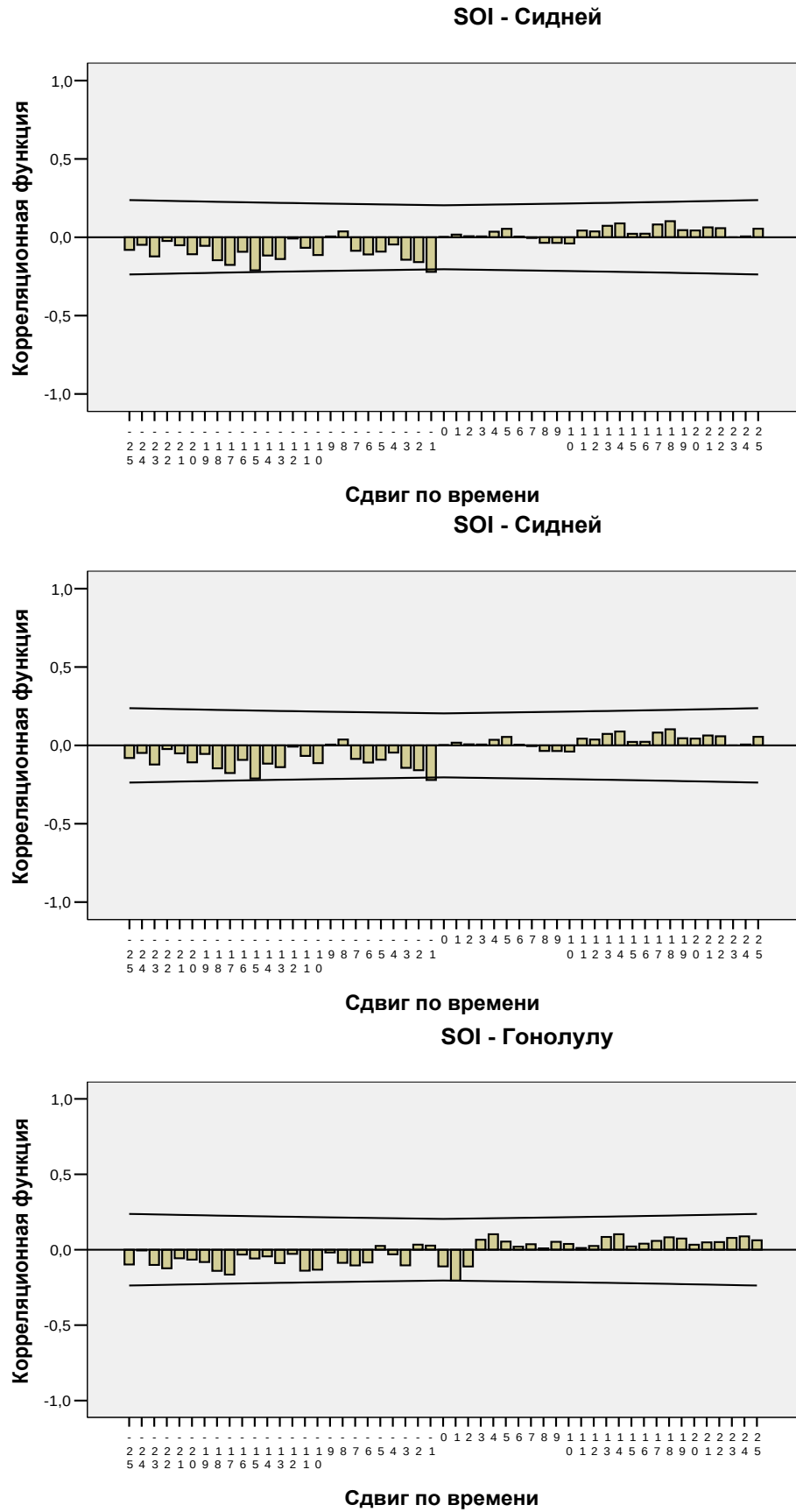


Рис.3.1 Взаємкореляційна функція між рівнем моря і індексом ПК

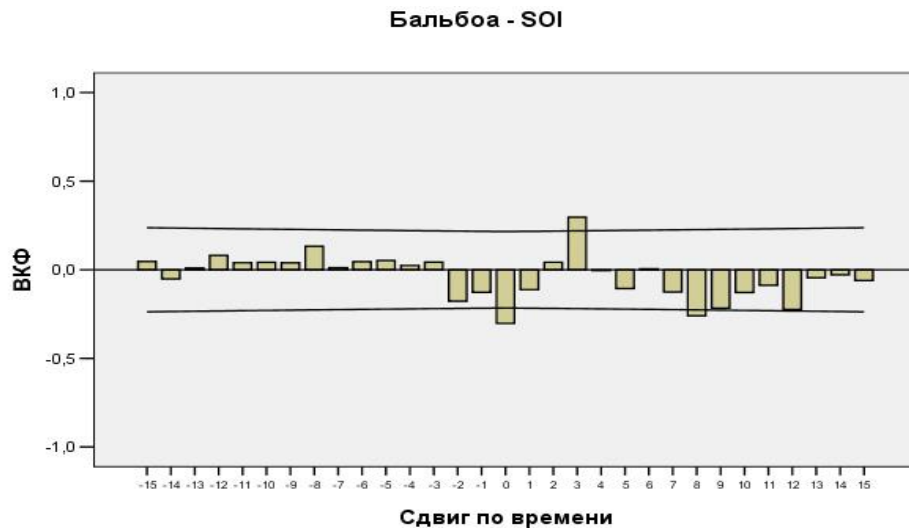


Рис.3.1(Продовження) Взаємкореляційна функція між рівнем моря і індексом ПК

На рис. 3.1 показані графіки взаємної кореляційної функції між коливаннями рівня та індексом ЕНПК (SOI). Зображені графіки дозволяють висновки. Для станцій Сідней і Гонолулу немає значимого зв'язку між заданими параметрами. Це, означає, що станції віддалені від епіцентру явища Ель-Ніньо. Інша сторона спостерігається на станції Бальбоа. Значний сплеск з негативним коефіцієнтом знаходиться на частоті з нульовим зсувом. Це означає, що при великих позитивних значеннях індексу, рівень стає низьким. Через три роки картина змінюється. Позитивним значенням індексу SOI відповідає зростання рівня. Це відбувається внаслідок зміни фази ЕНПК.

Для того, щоб більш детально вивчити коливання рівня в екваторіальній зоні Тихого океану були ще розглянуті коливання рівня на станціях острова Гуам (США) і Лібертад (Еквадор), які знаходяться на протилежних узбережжях Тихого океану. Правда, острова Гуам знаходиться трохи північніше екваторіальній зони ($\approx 10^\circ$ с.ш.), Але більш підходящої станції в сенсі тривалості спостережень, в цьому районі немає. На рис.3.2, 3.3 показані графіки часового ходу рівня на цих станціях.

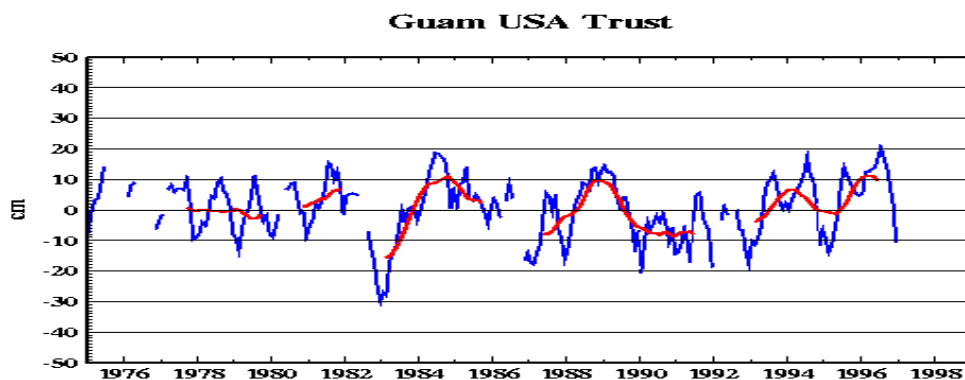


Рис.3.2 Часовий хід рівня на ст. Гуам

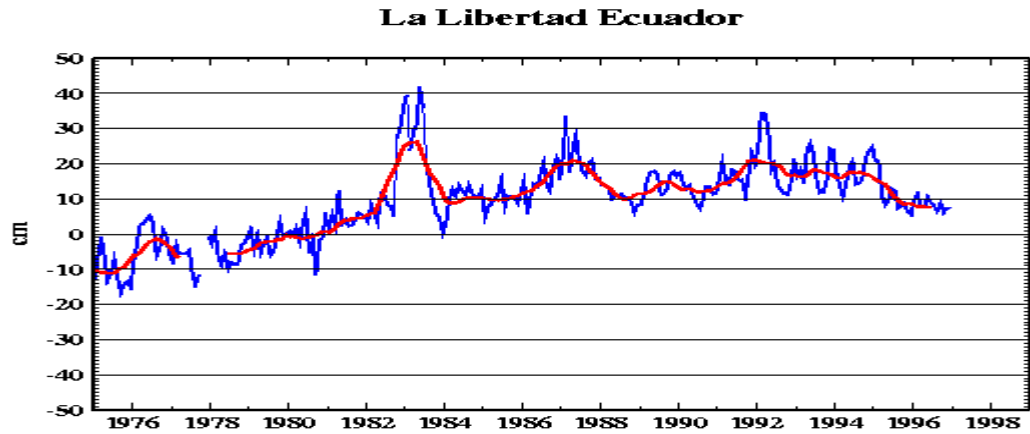


Рис.3.3 Часовий хід рівня на ст. Лібертад

Оптично також видно, що на цій і тій станції хід рівня не в фазі. Наприклад, у 1983 р. Відбулося значне падіння рівня на першій станції і таке ж підвищення на другій станції. Така сама закономірність спостерігалась у 1982 та 1992 роках. Функції автокореляції для цих станцій показані на рис.3.4-3.5.

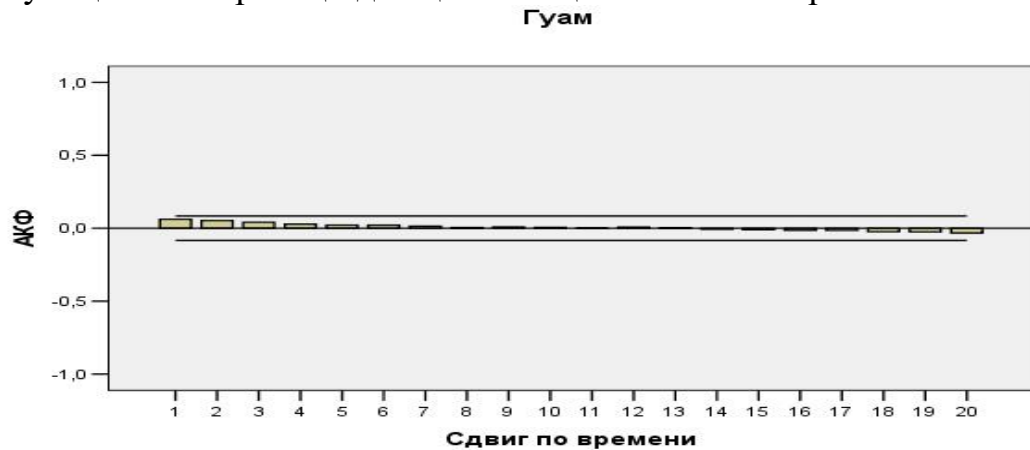


Рис.3.4 Автокореляційна функція рівня на ст. Гуам

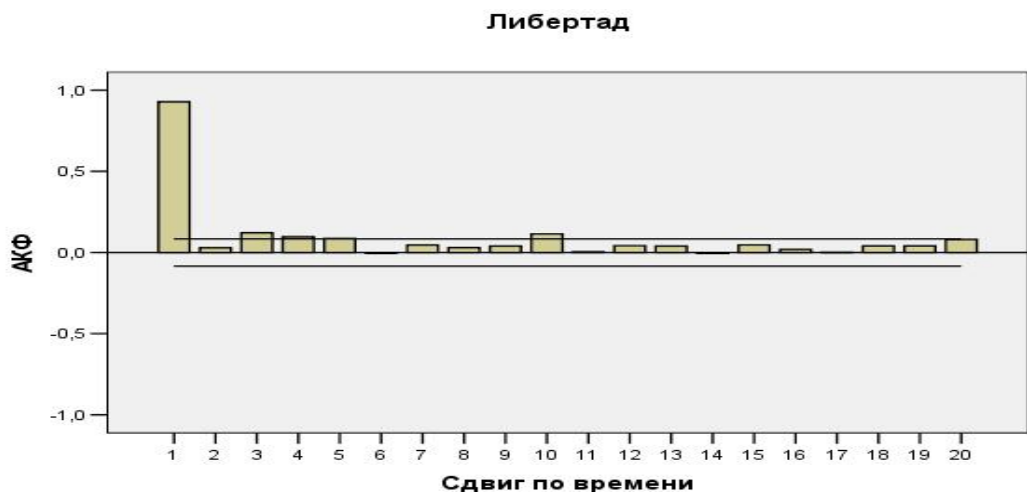


Рис.3.5 Автокореляційна функція рівня на ст. Лібертад

Коли ст. Гуам не має значних сплесків, тоді Лібертад дуже чітко показує частоту явища Ель-Ніньо. Перший сплеск відбувається з різницею у часі 3-4 роки, а через три роки, коли фаза ENUS змінює кореляцію, падає до нуля. Через три роки відбувається ще одне суттєве збільшення і т.д. Однак графічне представлення взаємних спектральних функцій на цих станціях ще чіткіше.

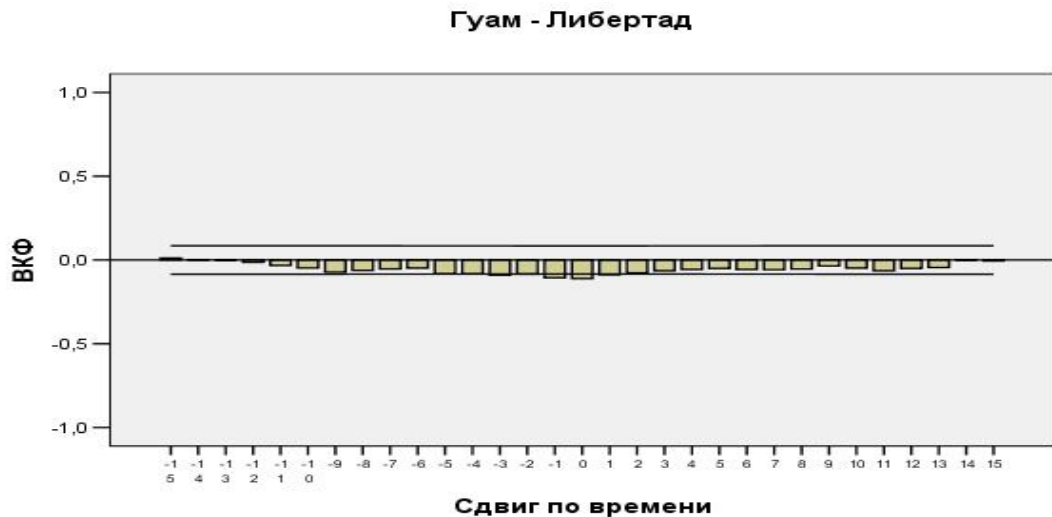


Рис.3.6 Взаємнокореляційна функція ходу рівня на станціях Гуам і Лібертад

Кореляція між цими двома станціями в усі часові зсуви залишається негативною. Це свідчить про те, що ці процеси завжди перебувають поза фазою.

Феномен Ель-Ніньо, який є важливою частиною взаємодії океану та атмосфери, має велике значення для клімату всього світу. Для того, щоб робити довгострокові прогнози щодо можливих аномалій погоди, дослідники повинні постійно контролювати тропічний Тихий океан.

Феномен Ель-Ніньо - це зміна температури на поверхні океану, яка призводить до аномалій на планеті Земля. За відсутності Ель-Ніньо вітри в тропічному Тихому океані дмуть на захід і несуть теплу морську воду в західні океани. Тому рівень моря біля узбережжя Індонезії приблизно на 0,5 метра вище, ніж у узбережжя Еквадору. Температура води поблизу поверхні океану в його західній частині приблизно на 8 ° С вище, ніж поблизу Південної Америки (це свідчить про підйом холоднішої води з глибин океану на поверхню). Маса холодної води, що піднімаються на поверхню, багата поживними речовинами та організмами, що призводить до швидкого розвитку та різноманіття місцевих морських екосистем. У таких умовах у східній частині Тихого океану - суха погода. У свою чергу, тепліше в західній частині Тихого океану.

За роки діяльності Ель-Ніньо спостерігається: Вітри - Західна та центральна частини Тихого океану слабшають. У східних районах Тихого океану вони поступово порушують процес перенесення теплої води на захід і

збільшення холодної води на поверхню. Але в західних водах Тихого океану холодна вода піднімається з глибини. Наприклад, у період активності Ель-Ніньо в 1982-83 рр. Вимірювання показали, що ізотерма становила $T = 17^{\circ}\text{C}$ приблизно при 110°W . спустився на глибину близько 150 метрів (у звичайні роки він залишався і залишався на глибині близько 50 метрів). Якщо підйом холодної води на поверхню припиниться, це призведе до підвищення температури морської поверхні на захід від узбережжя Південної Америки в майбутньому, а також до зменшення кількості морських мешканців у цій області.

В результаті атмосфера реагує на зміну температури поверхні моря: найбільша кількість опадів під час Ель-Ніньо зараз спостерігається у східній частині Тихого океану. Наприклад, у Перу є сильні повені, спричинені сильними опадами. А в Індонезії та Австралії картина зворотна; навпаки, умови сухі.

Встановлено, що концентрація теплої води у східній частині Тихого океану впливає на погоду всієї планети. А рідкісні, унікальні погодні події, безпосередньо пов'язані з явищем Ель-Ніньо, можна спостерігати навіть у районах, що знаходяться на відстані від Тихого океану. Вважається, що незвично тепла зима 2006-2007 років Європа є продуктивним наслідком дисбалансу в Тихоокеанському регіоні.

Як визначають наявність Ель-Ніньо? Першими ознаками явища Ель-Ніньо є:

1. Підвищення повітряного тиску над Індійським Океаном, Індонезією та Австралією.
2. Падіння повітряного тиску над Таїті і рештою центральної та східної частинами Тихого Океану.
3. Пасати в південній частині Тихого Океану послаблюються або направляються на схід.
4. Тепле повітря з'являється поруч з Перу, викликаючи дощі в пустелях.
5. Тепла вода поширюється від західної частини Тихого Океану до східної. Вона несе з собою дощ, викликаючи його в тих районах, де зазвичай буває сухо.

Для більш наочного і зрозумілого прикладу розглянемо два рисунки (рис. 3.7): один для нормальних умов, інший - при наявності Ель-Ніньо. Отже, з даних зображень, можна відмітити, що в грудні 1993 року температура поверхні океану (SST - Sea Surface Temperature) і вітровий режим були в нормі: теплі води були сконцентровані в західній частині Тихого океану (червоний колір на верхній схемі), а холодні води, були на сході Тихого океану (зелений колір на тій же схемі). Вітри в західній частині Тихого океану були слабкими (вітер відзначений стрілками), а в східній частині Тихого океану вітри дули на захід у напрямку до Індонезії.

На схемі нижче, зображенням показані аномалії, тобто наскільки

температура поверхні моря і режим вітру відрізняються від звичайних значень.

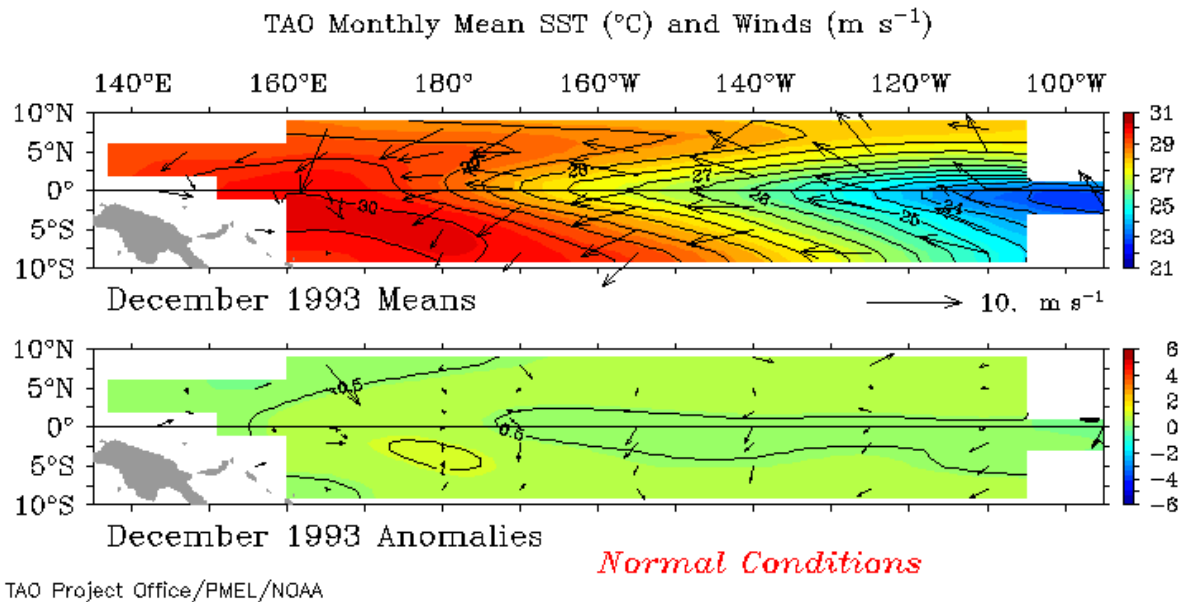


Рис.3.7 Температура поверхні і вітровий режим в тропічній зоні Тихого океану в грудні 1993 року.

Розглянемо температурний і вітровий режим у тропіках Частина Тихого океану в грудні 1997 р., Коли відбулося явище Ель-Ніньйо майже максимум своєї активності.

З наведених схем видно (рис.3.8), що в грудні 1997 року теплі води (червона колір на верхній схемі) поширювалися навпаки (зворотній процес)-із західної частини Тихого океану на схід у напрямку до Південної Америки, «холодний» в даному періоді практично перестав існувати (зелений колір на тій же схемі), а зазвичай слабкі для західної акваторії вітри посилюлися і стали дути в напрямку з заходу на схід, переносючи теплі океанічні води до Південної Америки. Нижче на даному зображенні на схемі аномалій чітко видно, що в центральних районах Тихого океану температура була набагато вище норми (на схемі позначено червоним кольором).

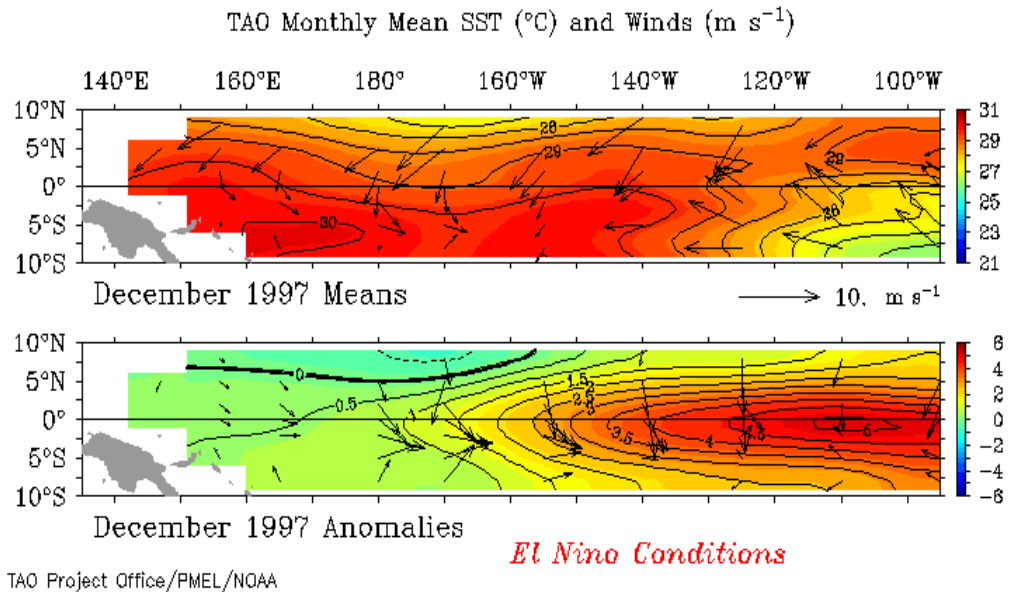


Рис.3.8 Температура поверхні і вітровий режим в тропічній зоні Тихого океану в грудні 1997 року.

А в грудні 1998 року було сильне (холодне) явище Ла-Нінья, коли у східній частині Тихого океану температура поверхні моря була надзвичайно низькою, що спричинило поширення холодної води до центральної частини океану. Поява таких аномалій холоду є загальним явищем. Слідкуйте за проявами явища Ель-Ніньо, але не завжди.

По суті, Ель-Ніньо і Ла-Нінья - це протифази циклу так званої Південної Осциляції Ель-Ніньо (El Nino-Southern Oscillation (ENSO)).

Отже, феномен Ель-Ніньо - це тепла фаза цього циклу, а феномен Ла-Нінья - холодна.

Як зазначалося вище, прояв Ель-Ніньо спостерігається не тільки на вітровому і температурному режимі тропічної зони Тихого океану, а й на змінах його рівневої поверхні.

На рис.3.9 показані значення рівня в нормальній фазі (2.6 а) і в активній фазі Ель-Ніньо (2.6 б). На зображенні прослідковується перепад рівня в нормальну фазу і в активну фазу явища Ель-Ніньо, і може становити величину порядку 1.5 м.

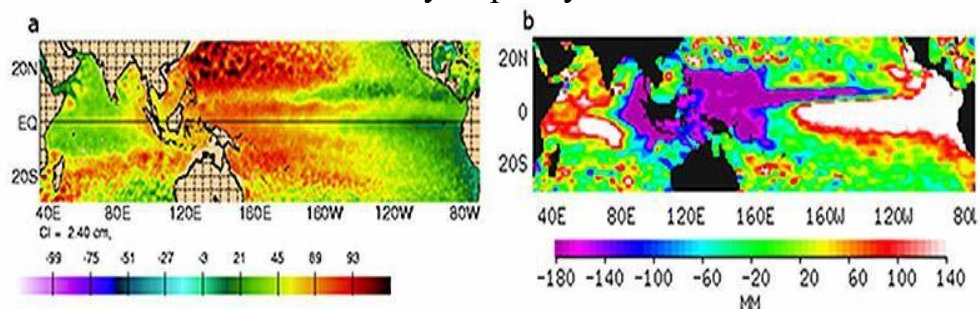


Рис.3.9 Рівень тропічної зони Тихого океану в листопаді 1996 року (а) і в листопаді 1997 року (б)

На рис. 3.10 для більш видимого порівняння явища Ель-Ніньо на першій частині зображення показано явище за нормальних умов, а на іншій частині цього зображення показано явище за активних умов на акваторії Тихого океану в зоні екватору. На зображенні чітко видно, що утворюється пляма більш теплої води, ніж звичайно (Ель-Ніньо), більш холодна (Ла-Нінья).

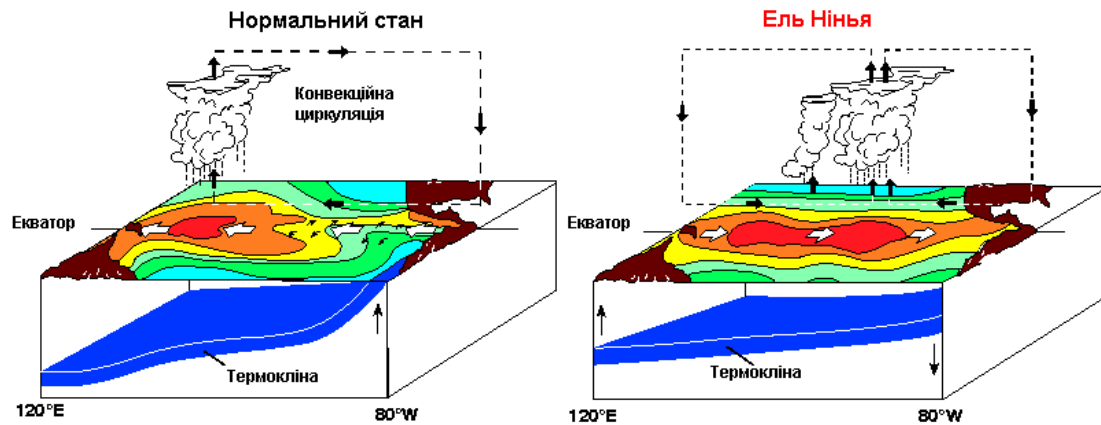


Рис.3.10 Порівняльні зображення при нормальних та активних умовах на акваторії Тихого океану в зоні екватору.

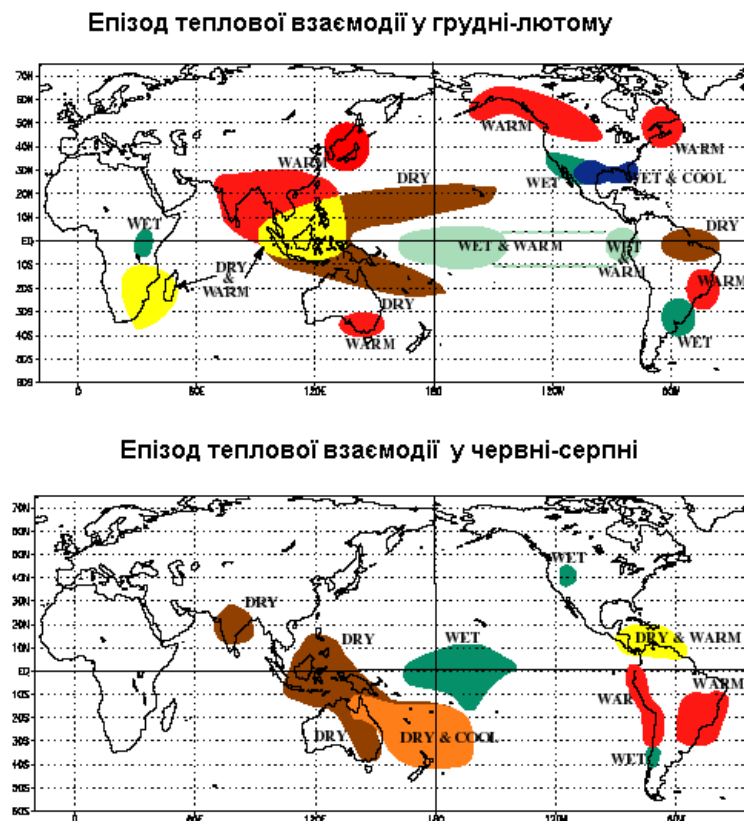


Рис.3.11 Епізод теплової взаємодії при Ель-Ніньо у різні сезони.(зима-літо)

Типічні січень-березневі погодні аномалії і атмосферна циркуляція у період між помірним і сильним проявом Ель-Нінья та Ла-Нінья

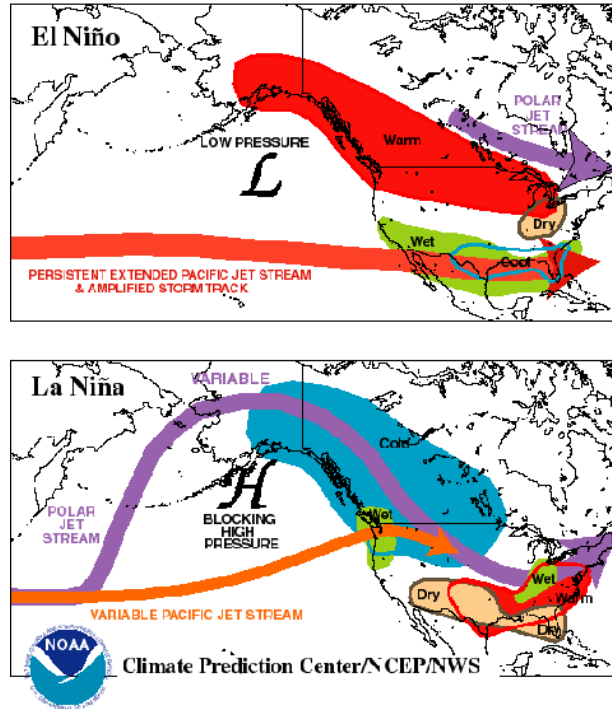


Рис.3.12 Типічні погодні аномалії і атмосферна циркуляція у період між помірним і сильним проявом Ель-Нінья та Ла-Нінья



Рис. 3.13 Трасекторії руху ураганів у різні періоди Ель-Ніньо

4 ВИКОРИСТАНІ МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ І МЕТОДИКА ЇХ ОБРОБКИ

Магістерська робота потребувала знаходження і переробку вихідного матеріалу. Результати можна вважати цілком задовільними, оскільки дані, використані в роботі, пройшли фазу попередньої обробки, усереднення та аналізу у відповідних організаціях із великою кількістю дослідників протягом певного періоду. Однак під час роботи над експериментами були певні перешкоди та труднощі. Одним із прикладів є проблема заміщення відсутніх значень рівня моря. На жаль, порівнявши ці дані з даними історії рівня на кількох сусідніх станціях, не вдалося замінити ці значення, так що відсутні значення значень були замінені та заповнені простою лінійною інтерполяцією крайніх значень вихідної серії спостережень.

Після попередньої обробки вихідних рядів, у подальшому проводився їх статистичний аналіз (рядів). Статистичний аналіз рядів виконувався за допомогою стандартного пакета статистичних програм SPSS [7].

Під час аналізу статистичних випадків не фільтрувався низькочастотний тренд. У деяких випадках це було правдиво, тому, що з видаленням тренду могла бути відрахована корисна інформація, але в деяких випадках (при аналізі високочастотних коливань) така фільтрація покращила б аналіз обробки. Також, відмічається те, що не були показані довірчі інтервали при розрахунках функцій спектральної щільності. Цей недолік пов'язаний з недоліками програми, яка використовувалась у аналізі. У ній довірчі інтервали будуються не для вихідних значень функції спектральної щільності, а для її лінійного наближення, причому величина інтервалу залишається постійною для всієї смуги частот.

Вихідні ряди рівнів були отримані за даними Proudman Oceanology Laboratory (сайт www.pol.ac.uk) (Провідний світовий центр прогнозування припливів і відливів (пов'язаний із земними припливами та штормовими хвилями) та провідний європейський центр з моделювання та прогнозування динаміки морського шельфу, в ньому розташована Прибережна обсерваторія, Національний фонд припливів та відливів, Постійна служба середнього рівня моря і центр обробки даних) [14].

Технічні характеристики цих рядів представлені в таблиці 4.1.

Джерелами інших даних є:

- середньорічні значення індексів сонячної активності (числа Вольфа).
- ІНТЕРНЕТ (сайт wdcb.ru)- (всесвітня система даних, спрямована для організації нового скоординованого підходу до наукових і дослідницьких даних і інформації, яка гарантує універсальний, рівноправний доступ до якісної інформації для досліджень, освіти і інформованого прийняття рішень по суті. ;
- індекси ЮК - <http://ggweather.com/euco/> [5].

Для аналізу багаторічної мінливості рівня в тропічній зоні Тихого океану обрали двадцять берегових та острівних рівневих станцій на всій акваторії тропічної зони Тихого океану. Основними вимогами даних, а саме рядів спостережень на цих станціях були їх тривалість (мінімальна - близько 50 років) і пропуски в спостереженнях (не більше 10 %).

Розташування станцій зображено на рис.4.1. Технічні характеристики кожної зі станцій наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики розташування і спостереження рівневих станцій в тропічній зоні Тихого океану.

№	станція	Широта.	довгота	терміни спостережень	К-ть років спостережен о.
1	Маніла (Філіппіни)	14°35'с.ш.	120°58'в.д.	1901-2007	93
2	Легаспі (Філіппіни)	13°09'с.ш.	123°45'в.д.	1947-2007	61
3	Цебу (Філіппіни)	10°18'с.ш.	123°55'в.д.	1935-2007	64
4	Давао (Філіппіни)	07°05'с.ш.	125°38'в.д.	1948-2007	51
5	Холо (Філіппіни)	06°04'с.ш.	121°00'в.д.	1944-1996	49
6	Таунсвілл (Австралія)	19°15'ю.ш.	146°50'в.д.	1959-2007	49
7	Гуам (Гуам)	13°26'с.ш.	144°39'в.д.	1948-2007	59
8	Чуук (Мікронезія)	07°27'с.ш.	151°51'в.д.	1947-1995	48
9	Кваялейн (Маршал.о-ва)	08°44'с.ш.	167°44'в.д.	1946-2007	62
10	Вейк Айленд (Маршал.о-ва)	19°17'с.ш.	166°37'в.д.	1950-2007	56
11	Паго Паго (Самоа)	14°17'ю.ш.	170°41'з.д.	1948-2007	58
12	Гонолулу (США)	21°19'с.ш.	157°52'з.д.	1905-2007	103
13	Кахулуї (США)	20°45'с.ш.	156°28'з.д.	1947-2007	59
14	Хіло (США)	19°44'с.ш.	155°04'з.д.	1946-2007	62
15	Акапулько * (Мексика)	16°50'с.ш.	99°55'з.д.	1952-2001	47
16	Бальбоа (Панама)	08°58'с.ш.	79°34'з.д.	1908-1996	89
17	Буенавентура * (Колумбія)	03°54'с.ш.	77°06'з.д.	1941-2001	59
18	Тумако * (Колумбія)	01°50'с.ш.	78°44'з.д.	1951-2000	50
19	Лібертад (Еквадор)	02°12'ю.ш.	80°55'з.д.	1948-2003	56
20	Матарані * (Перу)	17°00'ю.ш.	72°07'з.д.	1941-1988	46

* - Дані рівня на станції не приведені до єдиної рівної поверхні

Для того, щоб зробити аналіз міжрічної мінливості рівня були обрані п'ять станцій на всій екваторіальній зоні Тихого океану. Ці станції зображені на рис.4.1 точками червоного кольору з латинської нумерацією, а технічні характеристики вибраних станцій наведені нижче, в таблиці 4.2.

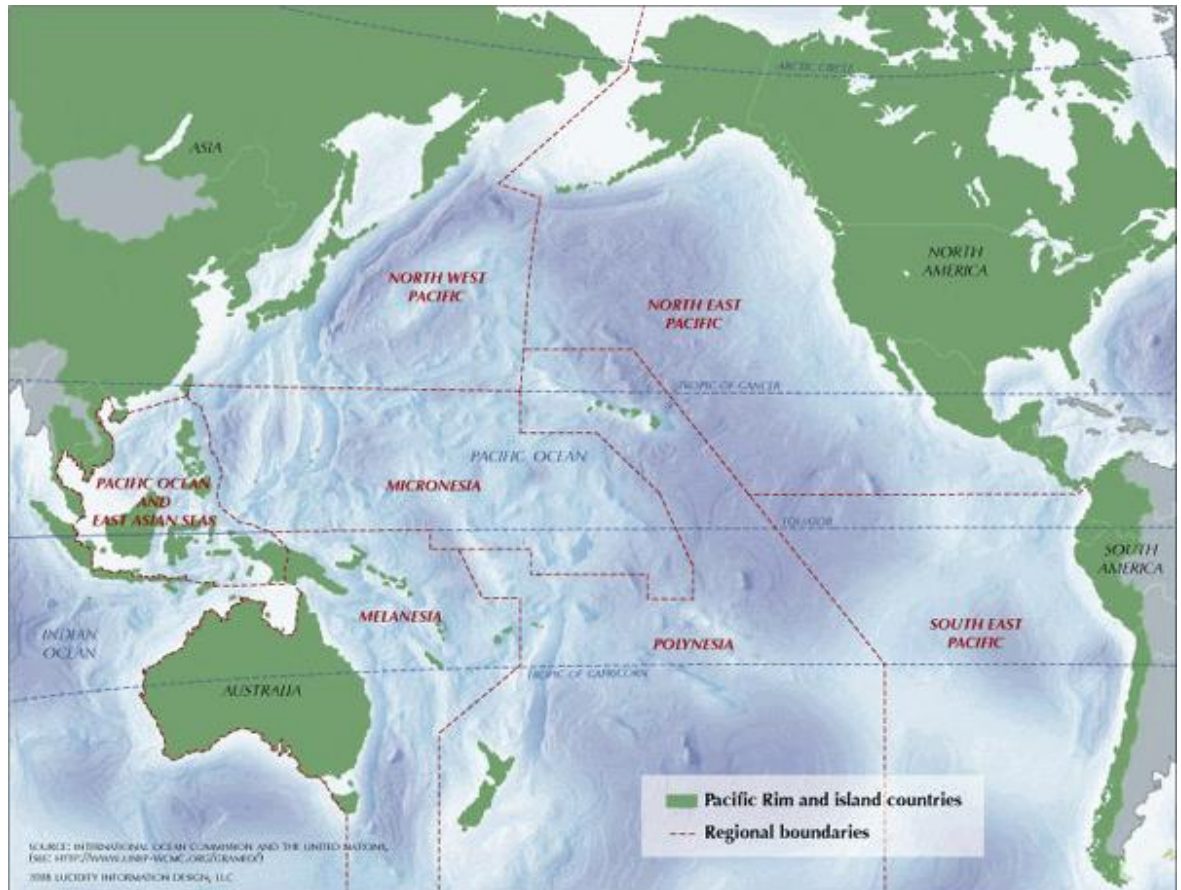


Рис 4.1 Схема розташування станцій

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики рівневих станцій в екваторіальній зоні Тихого океану.

№	станція	належність	широта	довгота	Період спостережень
I	Малакал	Белау	07°20'с.ш.	134°28'в.д.	1969-2003
II	Капінга-маранга	Мікронезія	01°05'с.ш.	154°47'в.д.	1978-2003
III	Крістмас	Республіка Кірібаті	01°59'с.ш.	154°47'з.д.	1974-2003
IV	Санта-Круз	Еквадор	00°45'ю.ш.	090°19'з.д.	1978-2004
V	Лібергад	Еквадор	02°12'ю.ш.	080°55'з.д.	1949-2003

5 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Аналіз коливань рівня в тропічному поясі Тихого океану можна розділити на два окремих етапи. Перший етап передбачає аналіз довгострокової мінливості рівня Тихого океану, а другий - аналізу рівня коливань рівня, пов'язаного з явищем Ель-Ніньо.

Для аналізу коливання рівня використовували середньомісячні дані. Станції були обрані для максимальна довжина для даного регіону з найменшими прогалинами у спостереженнях, і вони розташовані таким чином, щоб максимально охопити всю тропічну частину Тихого океану. Тому, було обрано 20 рівневих станцій, технічні характеристики розташування і спостереження про яких наведено в таблиці 4.1.

Кількість станцій, які відповідають конкретним вимогам досить багато, тому, я обмежилась тільки деякими із них.

З вище зображеного рисунку розташування станцій, деякі з них об'єднані в компактні групи, кожна з цих станцій може бути представлена тільки однією, найбільш показною станцією.

Отже, вибрано шість районів:

- 1 - район східно морів, в якому знаходяться 5 станцій на Філіппінах;
- 2 - район Меланезії (1 станція на узбережжі Австралії);
- 3 - Мікронезія (4 станції);
- 4 - 3 станції на Гавайських островах;
- 5 - Полінезія (1 станція на острові Паго-Паго);
- 6 - східне узбережжя Тихого океану (6 станцій).

Пізніше, вибиралась одна з найбільш показових станцій для кожного району. Вибір будувався за двома оцінками. Спочатку була створена таблиця з парними коефіцієнтами кореляції між усіма станціями в регіоні. Той, який найкраще корелює з сусідніми станціями, був обраний з усіх станцій. По-друге, для кожної станції було отримано рівняння регресії, яке відображало середню швидкість підйому або падіння рівня на конкретній станції та цій станції.

У таблицях 5.1-5.4 наведені коефіцієнти парної кореляції для кожного району. Далі нижче по тексту представлені рівняння регресії для кожної станції району.

Після аналізу даних по кожному району, як зазначалось вище, для подальшого аналізу було обрано по одній більш показовій станції, а саме :

- 1 район – Маніла
 - 2 район – Таунсвілл
 - 3 район – Кваялейн
 - 4 район – Паго – Паго
 - 5 район – Гонолулу
 - 6 район – Бальбоа
- Ці станції на рис.4.1 виділені синім кольором.

Таблиця 5.1 - Район 1(Маніла, Ленгаспі, Цебу, Давао, Холо)

		Маніла	Легаспі	Цебу	Давао	Холо
Маніла	кореляція Пірсона	1	, 882 (**)	, 430 (**)	, 767 (**)	, 298 (**)
Легаспі	кореляція Пірсона	, 882 (**)	1	, 500 (**)	, 704 (**)	, 477 (**)
Цебу	кореляція Пірсона	, 430 (**)	, 500 (**)	1	, 525 (**)	, 677 (**)
Давао	кореляція Пірсона	, 767 (**)	, 704 (**)	, 525 (**)	1	, 474 (**)
Холо	кореляція Пірсона	, 298 (**)	, 477 (**)	, 677 (**)	, 474 (**)	1

** Кореляція значуща на рівні 0.01 (2-сторін.).

Рівняння регресії для станцій:

Маніла: $H = 6509.97 + 0.64x$

Легаспі: $H = 6730.64 + 0.44x$

Цебу: $H = 6928.75 + 0.06x$

Давао: $H = 6953.13 + 0.16x$

Холо: $H = 7038.07$

Район 2

Рівняння регресії для станції : Таунсвілл: $H = 6832.12 + 0.09x$

Таблиця 5.2 - Район 3 (Гуам, Чуук, Кваялейн, Вейк Айленд)

		Гуам	Чуук	Кваялейн	Вейк Айленд
Гуам	Кореляція Пірсона	1	,509(**)	,623(**)	,281(**)
	Знч.(2-сторон)		,000	,000	,000
	N	676	478	661	596
Чуук	Кореляція Пірсона	,509(**)	1	,781(**)	,153(**)
	Знч.(2-сторон)	,000		,000	,001
	N	478	490	480	433
Кваялейн	Кореляція Пірсона	,623(**)	,781(**)	1	,251(**)
	Знч.(2-сторон)	,000	,000		,000
	N	661	480	721	633
Вейк Айленд	Кореляція Пірсона	,281(**)	,153(**)	,251(**)	1
	Знч.(2-сторон)	,000	,001	,000	
	N	596	433	633	640

** Кореляція значима на рівні 0.01 (2-сторін.).

Рівняння регресії для станцій:

Гуам: $H = 6970.0 + 0.09x$

Чуук: $H = 6925.4 - 0.01x$

Кваялейн: $H = 6877.43 + 0.13x$

Вейк Айленд $H = 6886.27 + 0.16x$

Район 4

Рівняння регресії для станції : Паго-Паго: $H = 6818.61 + 0.19x$

Таблиця 5.3 - Район 5 (Гонолулу, Кахулуї, Хіло)

		Гонолулу	Кахулуї	Хіло
Гонолулу	кореляція Пірсона	1	, 913 (**)	, 756 (**)
	ЗНЧ. (2-сторін)		, 000	, 000
	N	тисячі двісті тридцять шість	672	733
Кахулуї	кореляція Пірсона	, 913 (**)	1	, 860 (**)
	ЗНЧ. (2-сторін)	, 000		, 000
	N	672	672	672
Хіло	кореляція Пірсона	, 756 (**)	, 860 (**)	1
	ЗНЧ. (2-сторін)	, 000	, 000	
	N	733	672	733

** Кореляція значуща на рівні 0.01 (2-сторін.).

Рівняння регресії для станцій:

Гонолулу: $H = 6943.37 + 0.12x$

Кахулуї: $H = 6828.53 + 0.19x$

Хіло: $H = 6821.78 + 0.27x$

Таблиця 5.4 - Район 6 (Акапулько, Бальбоа, Буенавертура, Тумако, Лібертад, Матарані)

Акапулько	Кореляція Пірсона	1	,432(**)	-,016	,149(**)	,372(**)	-,305(**)
	Знч.(2-сторон)		,000	,723	,001	,000	,000
	N	522	466	476	471	500	384
Бальбоа	Кореляція Пірсона	,432(**)	1	,245(**)	,055	,176(**)	,032
	Знч.(2-сторон)	,000		,000	,227	,000	,476
	N	466	1061	615	478	549	514
Буенавертура	Кореляція Пірсона	-,016	,245(**)	1	,703(**)	,169(**)	,676(**)
	Знч.(2-сторон)	,723	,000		,000	,000	,000
	N	476	615	668	499	561	482
Тумако	Кореляція Пірсона	,149(**)	,055	,703(**)	1	,268(**)	,108(*)
	Знч.(2-сторон)	,001	,227	,000		,000	,040
	N	471	478	499	530	514	363
Лібертад	Кореляція Пірсона	,372(**)	,176(**)	,169(**)	,268(**)	1	-,097(*)
	Знч.(2-сторон)	,000	,000	,000	,000		,048
	N	500	549	561	514	635	414
Матарані	Кореляція Пірсона	-,305(**)	,032	,676(**)	,108(*)	-,097(*)	1
	Знч.(2-сторон)	,000	,476	,000	,040	,048	
	N	384	514	482	363	414	519

** Кореляція значима на рівні 0.01 (2-сторон.).

* Кореляція значима на рівні 0.05 (2-сторон.).

Рівняння регресії для станцій:

Акапулько: $H = 1266.19 + 0.01x$

Бальбоа: $H = 6982.02 + 0.12x$

Буенавентура: $H = 2699.31 + 0.13x$

Тумако: $H = 3180.75 - 0.11x$

Лібертад: $H = 7082.66 - 0.1x$

Матарані: $H = 388.0 + 1.39x$

На рис.5.1 наведені графіки часового ходу рівня для даних обраних станцій.

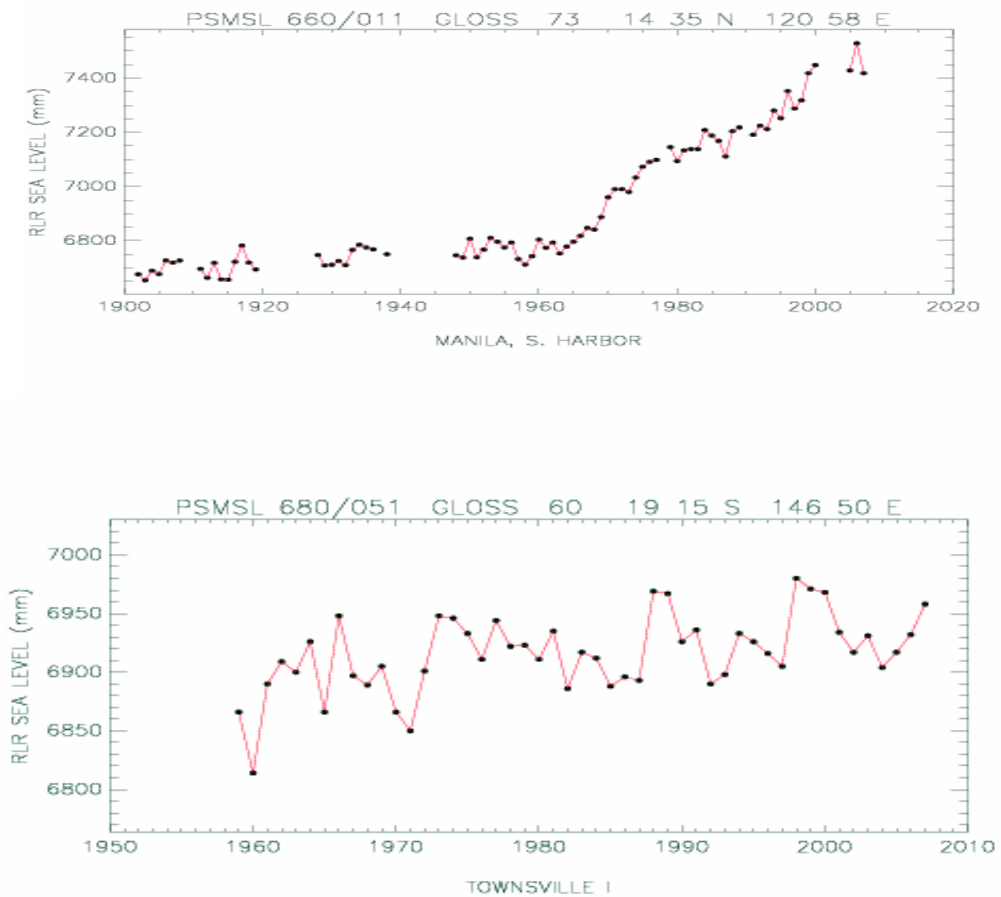


Рис.5.1 Графіки тимчасового ходу для станцій Маніла (а), Таунсвілл (б), Кваялейн (в), Паго-Паго (г), Гонолулу (д) і Бальбоа (е)

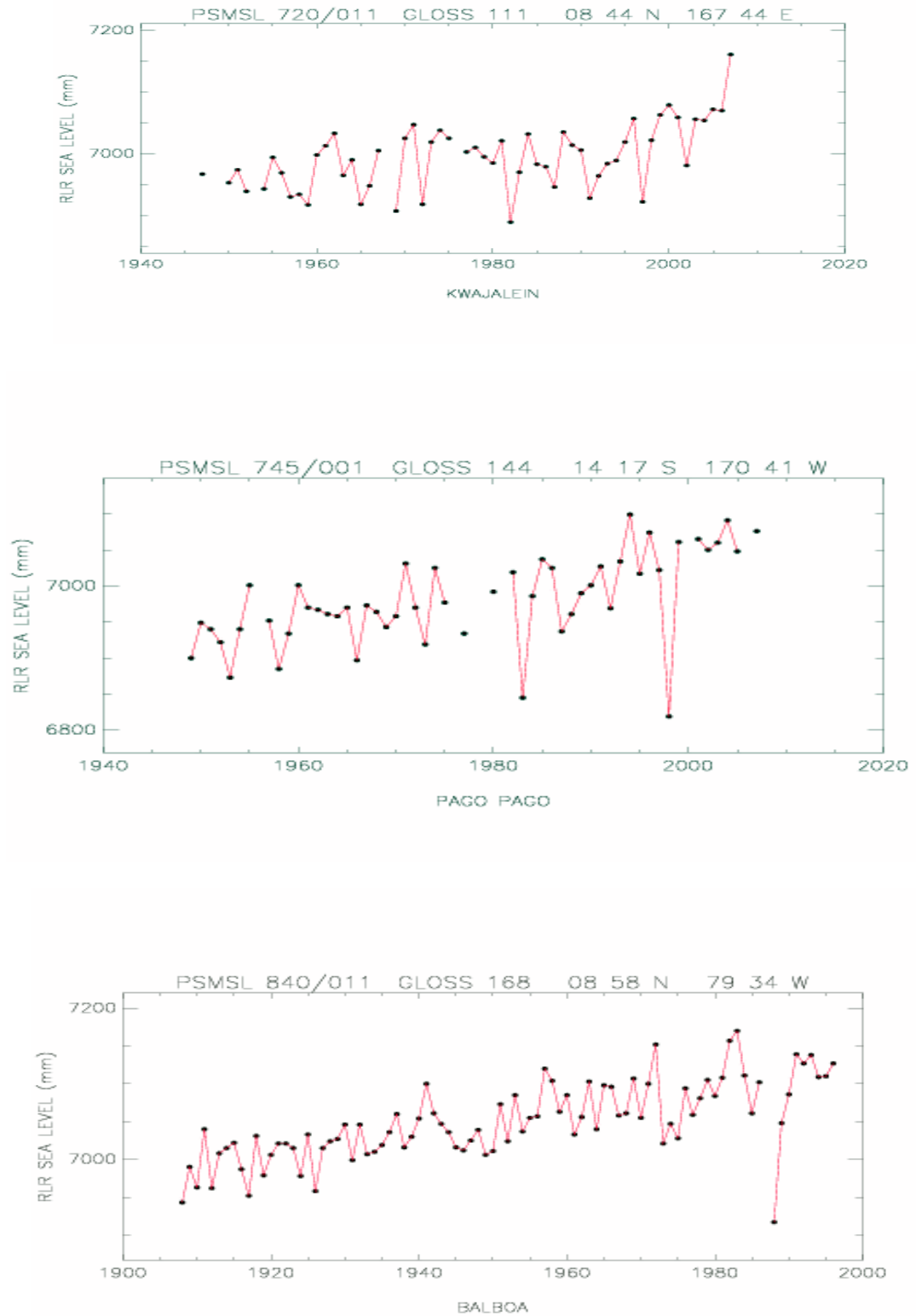


Рис.5.1 (Продовження) Графіки тимчасового ходу для станцій Маніла (а), Таунсвілл (б), Кваялейн (в), Паго-Паго (г), Гонолулу (д) і Бальбоа (е)

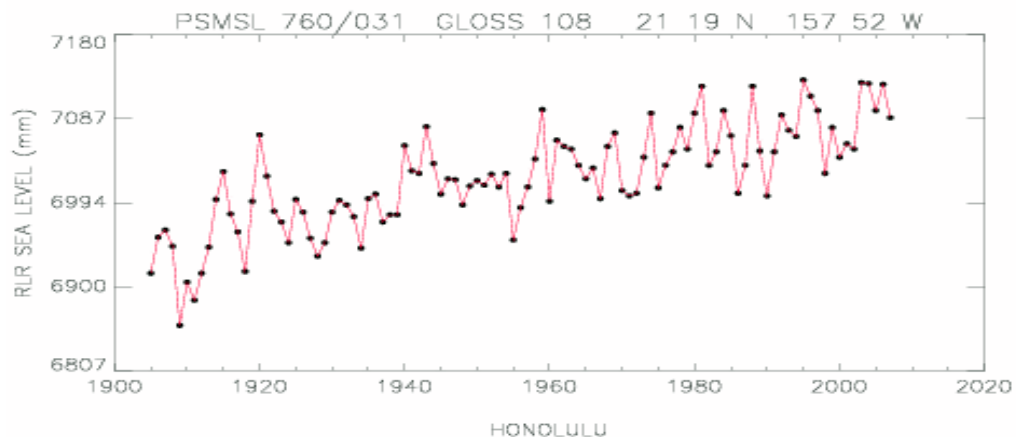


Рис.5.1 (Продовження) Графіки тимчасового ходу для станцій Маніла (а), Таунсвілл (б), Кваялейн (в), Паго-Паго (г), Гонолулу (д) і Бальбоа (е)

Для того, щоб з'ясувати, чи однакові фактори впливають на коливання рівня на всіх станціях, потрібно з'ясувати статистичні характеристики кожного ряду і коефіцієнти парної кореляції між ними. Результати представлені в таблицях 5.5 , 5.6.

Таблиця 5.5 – Статистичні характеристики вихідних рядів спостережень

Статистика							
	(Маніла)	(Таунсвил)	(Кваялейн)	(ПагоПаго)	(Гонолулу)	(Бальбоа)	
N	1236	588	739	711	1236	1068	456
Мінімум	649,6	671,6	669,6	672,6	6785	6707	
Максимум	7711,6	718,6	721,6	7154	7261	736,6	
Середнє	6908,6	6916,6	6991,6	6982,6	7020,6	7048,6	
Стд. відхилення	272,36	85,92	72,76	74,46	73,019	115,66	

Аналізуючи таблицю 5.5 слід звернути увагу на наступні фактори:

1) надзвичайно високе значення коливання рівня на станції Маніла. Різниця між мінімальним та максимальним значеннями складає 1225 мм, а стандартне відхилення – 272 мм, тоді як на інших станціях вони значно менші.

2) Середнє значення рівня відповідно збільшується в міру пересування з заходу на схід. Різниця між крайніми точками (Маніла та Бальбоа) складає 140 мм.

Коефіцієнти парної кореляції між станціями регіону зображені в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Коефіцієнти кореляції між рівневими станціями

		Кореляції					
		LINT(Манила)	LINT(Таунсвилл)	LINT(Квалялейн)	LINT(Паго Паго)	LINT(Гонолулу)	LINT(Бальбоа)
LINT(Манила)	Корреляция Пирсона Знч.(2-сторон) N						
LINT(Таунсвилл)	Корреляция Пирсона Знч.(2-сторон) N	-,091* ,028 588					
LINT(Квалялейн)	Корреляция Пирсона Знч.(2-сторон) N	,458** ,000 739	,211** ,000 588				
LINT(ПагоПаго)	Корреляция Пирсона Знч.(2-сторон) N	,506** ,000 711	-,039 ,340 588	,349** ,000 711			
LINT(Гонолулу)	Корреляция Пирсона Знч.(2-сторон) N	,543** ,000 1236	-,266** ,000 588	,133** ,000 739	,211** ,000 711		
LINT(Бальбоа)	Корреляция Пирсона Знч.(2-сторон) N	,432** ,000 1068	-,672** ,000 456	-,120** ,003 607	,101* ,015 579	,376** ,000 1068	

*. Корреляция значима на уровне 0.05 (2-сторон.).

**. Корреляция значима на уровне 0.01 (2-сторон.).

При аналізі таблиці можна сказати, що велика кількість коефіцієнтів кореляції є значущими, що означає, що на коливання рівня на всіх станціях впливають однакові факторні процеси. Виняток все ще існує, це кореляція між Таунсвіль і Маніла, Таунсвіль і Паго-Паго та Бальбоа і Паго-Паго.

Найвищий позитивний коефіцієнт кореляції спостерігається між Гонолулу та Гонолулу Маніла (0,543) та мінус між Бальбоа та Таунсвіллем (-0,672) (вокзал знаходяться на протилежних берегах Тихого океану). Слід зазначити, що близькість до місця розташування станцій не означає збільшення коефіцієнта співвідношення між ними. Наприклад, коливання рівня в Манілі найкраще корелюють із коливаннями рівня в Гонолулу (0,543), а не з набагато ближчими Квалейном (0,458) або Таунсвіллем (-0,091), які ближче.

Отже, визначальні різні процеси можуть бути на кожній зі станцій. З'ясуємо, які ж процеси відіграють первинну роль в мінливості коливань рівня на кожній станції. Тому, для всіх вибраних станцій було пораховано функції спектральної щільності та графіки взаємної спектральної щільності. Графіки спектральних функцій коливань наведені на рис.5.2 і 5.3.

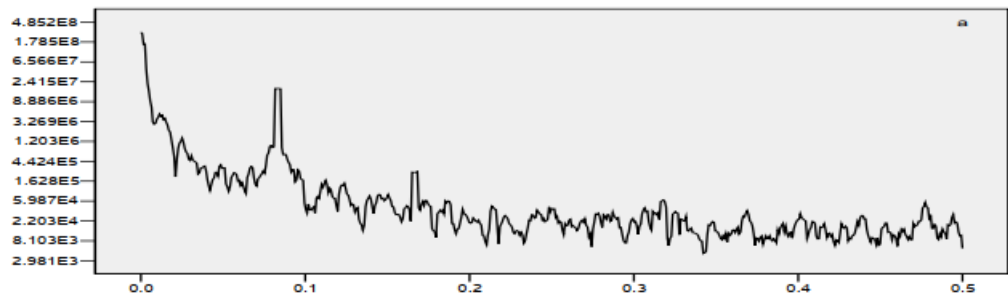
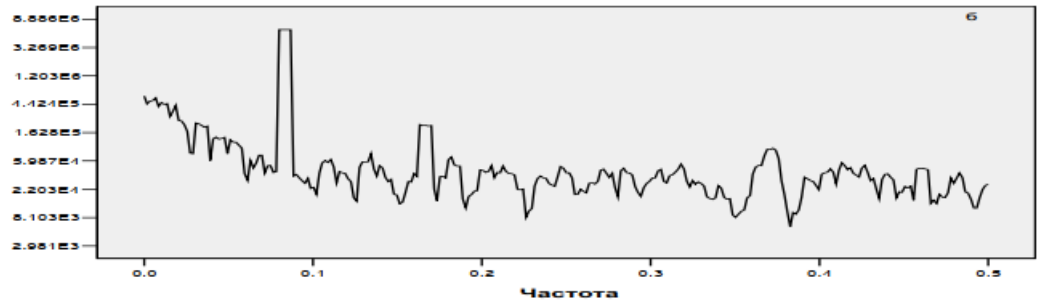


Рис.5.2 Графіки спектральних функцій коливань рівня моря на станціях Маніла (а), Таунсвілл (б), Кваялейн (в), Паго-Паго (г), Гонолулу (д), Бальбоа (е)

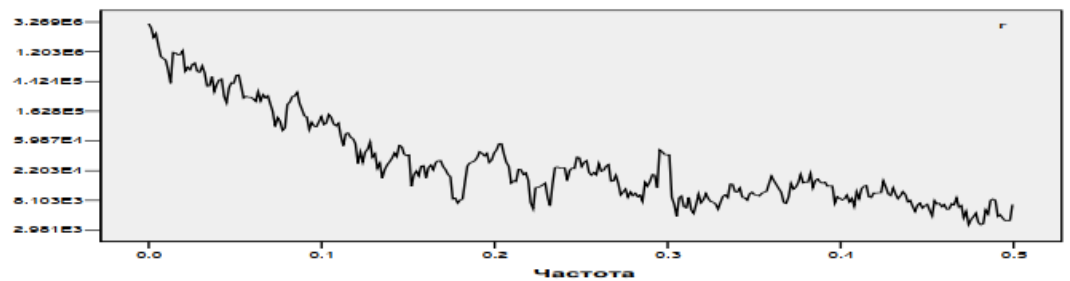
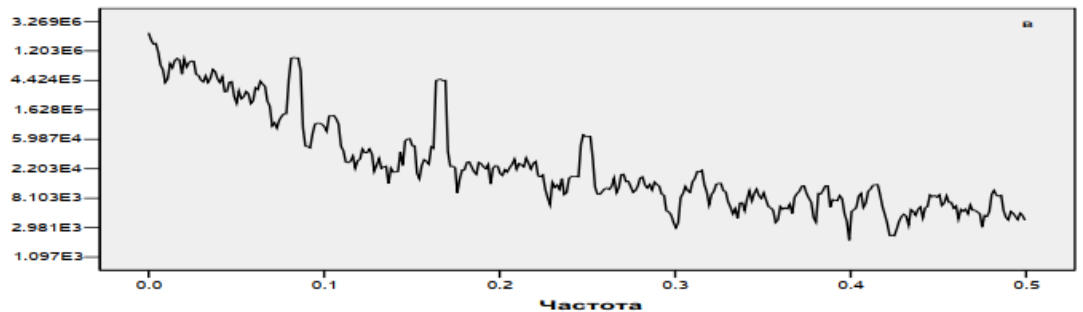


Рис.5.3 Графіки взаємної спектральної щільності на станціях Маніла-Гонолулу (а), Маніла-Бальбоа (б) і Гонолулу-Бальбоа (в)

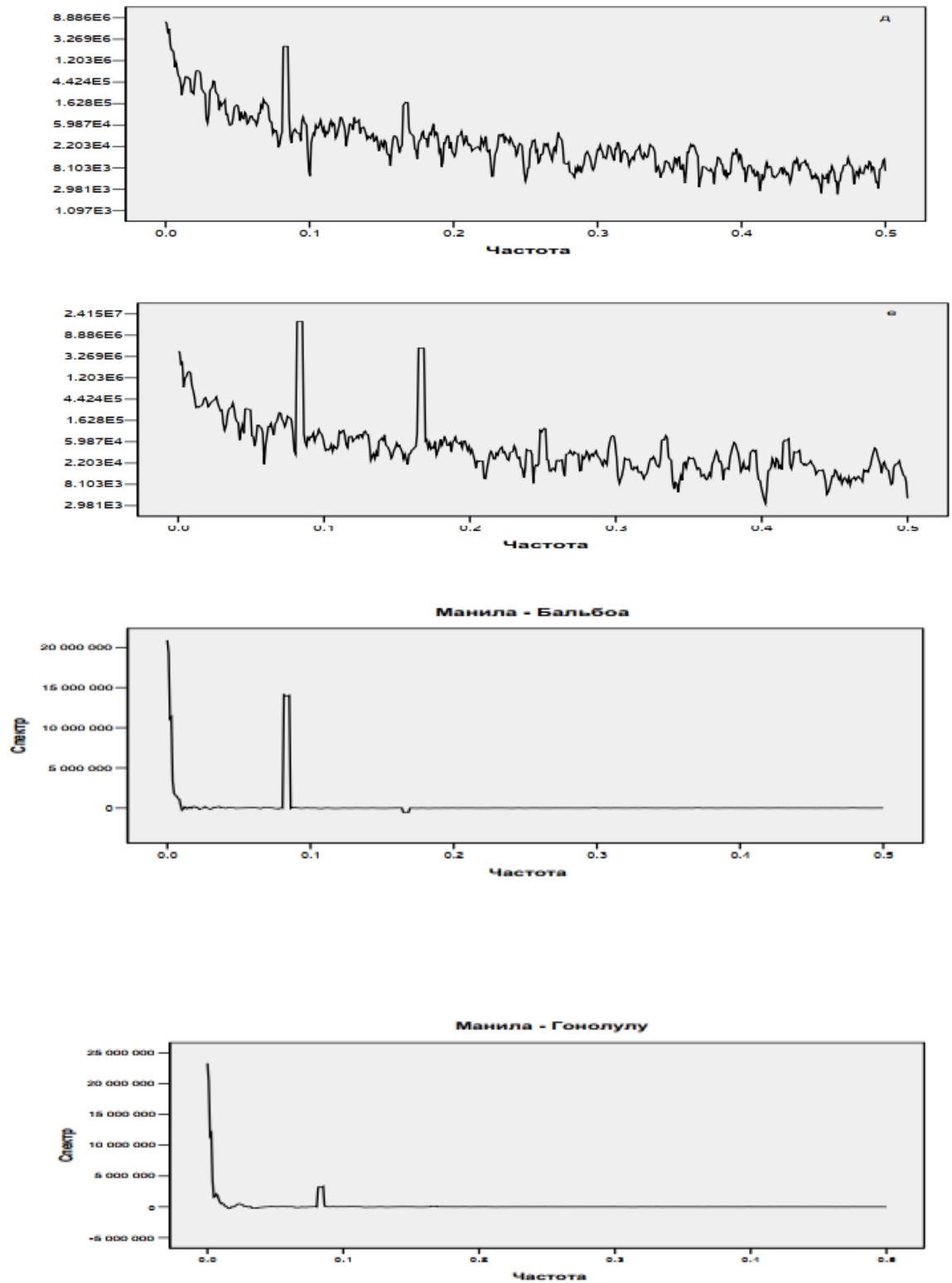


Рис.5.3 (Продовження) Графіки взаємної спектральної щільності на станціях Манила- Гонолулу (а), Манила-Бальбоа (б) і Гонолулу-Бальбоа (в)

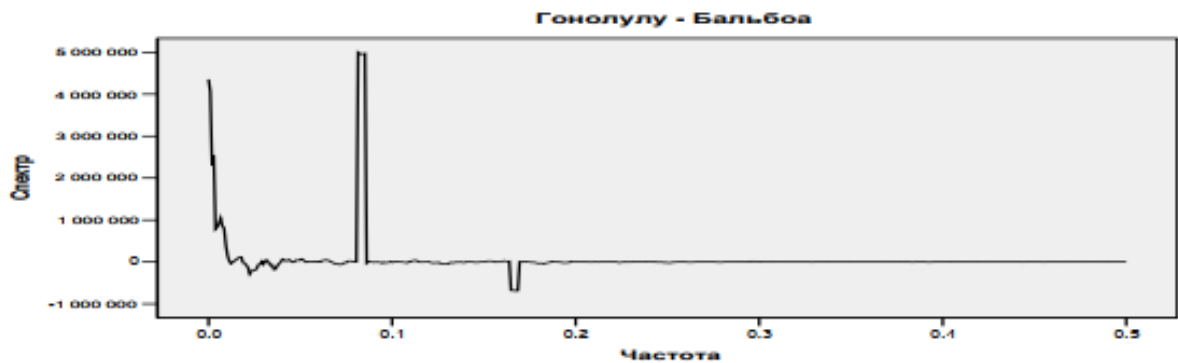


Рис.5.3 (Продовження) Графіки взаємної спектральної щільності на станціях Маніла- Гонолулу (а), Маніла-Бальбоа (б) і Гонолулу-Бальбоа (в)

Аналіз графіків на кожній станції дозволяє підкреслити кілька значимих кульмінацій. Спектральний спалах енергії з частотою 0,9 місяців-1 та 0,16 місяців-1 можна чітко спостерігати на всіх станціях, що відповідає процесам річного та піврічного періодів. На деяких станціях слабкі сигнали можуть підсвічуватися протягом трьох і чотирьох місяців. Однак за рік не було жодних значних спалахів на жодній станції. Тому вони не виявляють зв'язку з

Сонячна активність (періоди 5.6, 8.4, 11 і 22 роки), все ще з Чендлером Період коливальності швидкості обертання землі (14 місяців).

На графіках взаємної спектральної щільності між станціями регіону (рис.5.3) можна простежити аналогічну ситуацію. Тут також підкреслюються яскраво виражені сплески на частоті відповідної річного періоду і інших значимих сплесків не простежується. Для підтвердження відсутності зв'язку між можливими причинами коливань рівня в міжрічному масштабі та самими коливаннями рівнів на станціях у тропічному поясі Тихого океану, діаграми взаємної спектральної щільності між часовими рядами чисел Вольфа, британськими індексами, відхиленнями швидкості Обертання Землі та коливання рівня на вибраних станціях. Результати показано на малюнках 5.4 та 5.5.

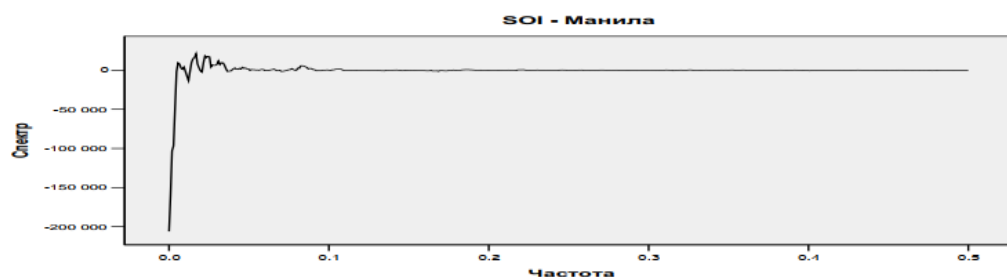


Рис.5.4 Графіки взаємної спектральної щільності індексу ЮК з коливаннями рівня на ст. Маніла (а)

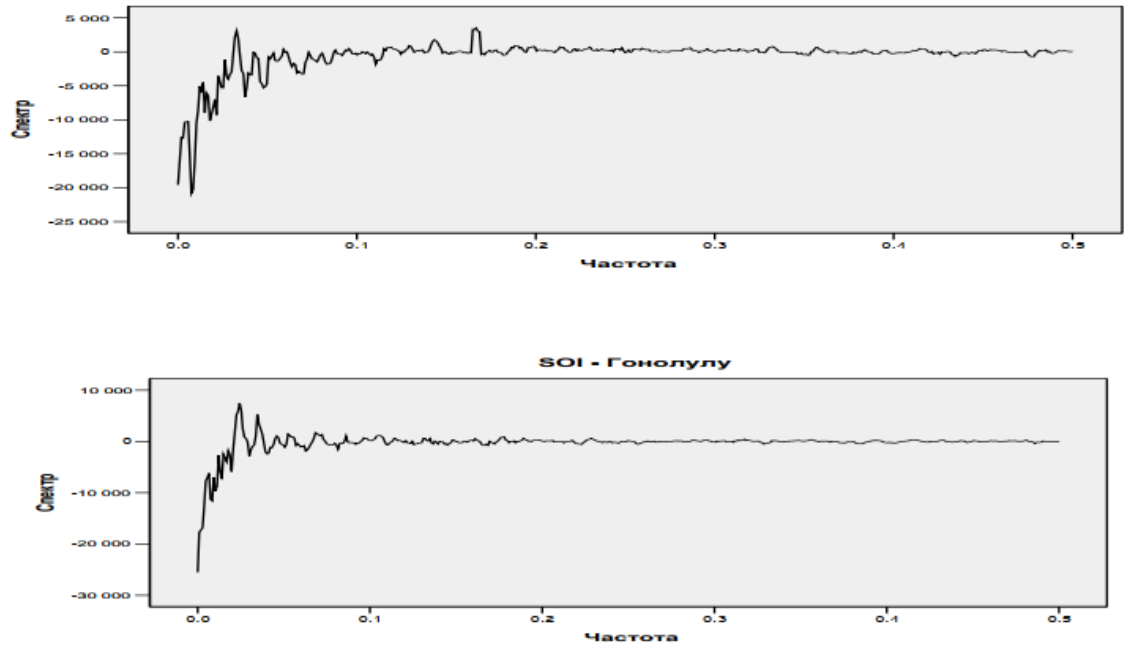


Рис.5.4 (Продовження) Графіки взаємної спектральної щільності індексу ЮК з коливаннями рівня на ст. Маніла (а), Гонолулу (б), Бальбоа (в)

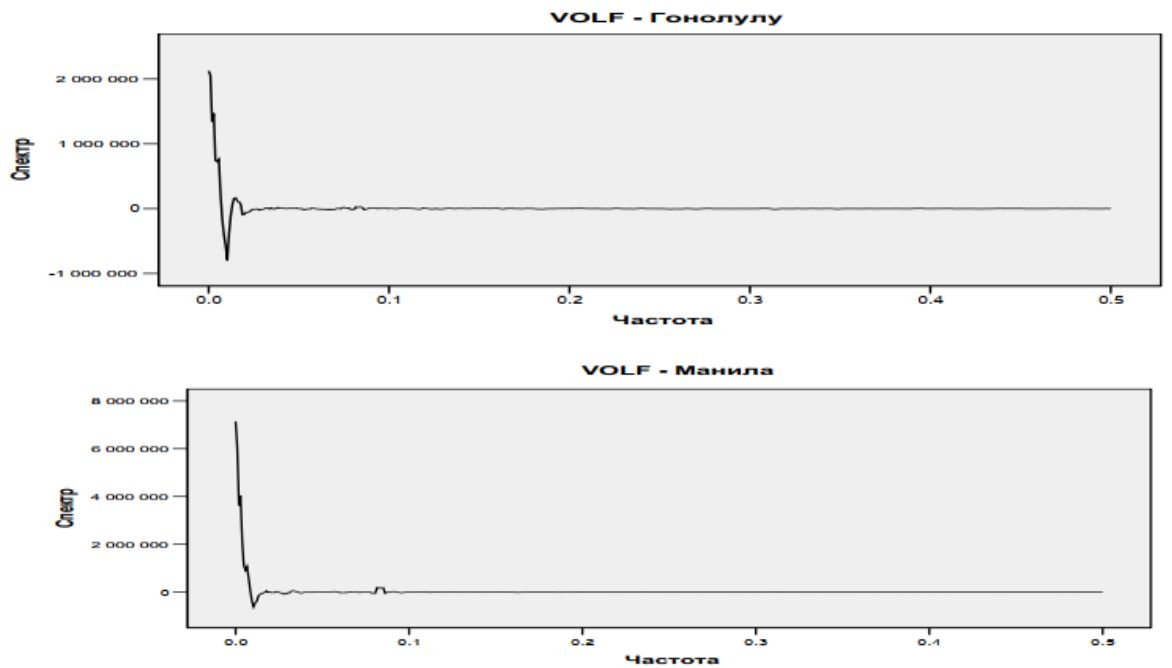


Рис.5.5 Графіки взаємної спектральної щільності чисел Вольфа з коливаннями рівня на ст. Маніла (а), Гонолулу (б)

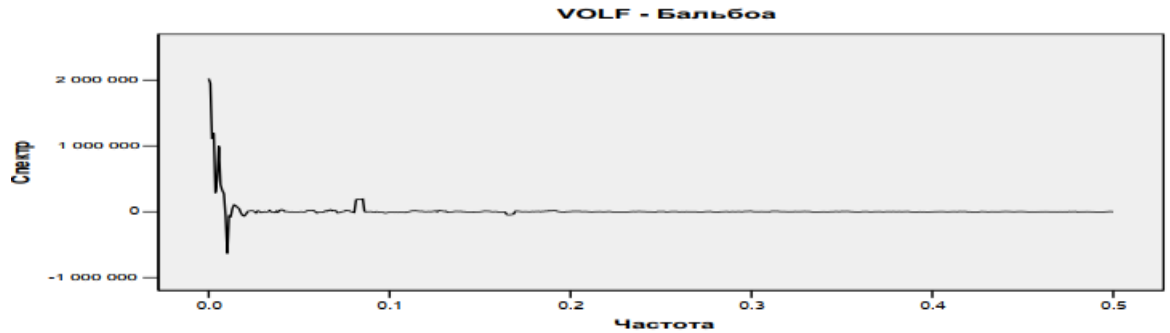


Рис.5.5 (Продовження) Графіки взаємної спектральної щільності чисел Вольфа з коливаннями рівня на ст. Маніла (а), Гонолулу (б) і Бальбоа (в)

На рис.5.4 можна підкреслити частоту, на якій можна було б позначити енергетичний сплеск зв'язку між індексом ЮК і коливаннями рівня на будь-якої зі станцій. На всіх трьох графіках можна помітити цілу серію сплесків, які знаходяться в інтервалі від 0.02 до 0.05 міс⁻¹, що відповідає періодам від 2 до 5 років. Більш низькі частоти не є енергонесучими, більш високі - відповідають спектру білого шуму. Тому, з вище сказаного можна зробити певний висновок, а саме: зв'язок між індексом ЮК і коливаннями рівня в тропічній зоні Тихого океану існує в діапазоні 2-5 років, що відповідає періодам явища Південного коливання (Ель-Ніньо). Але слід зазначити, що інтенсивність зв'язку з цим збільшується із заходу на схід і досягає свого максимуму біля східного узбережжя Тихого океану.

Наявності зв'язку між числами Вольфа і коливаннями рівня не виявлено. На рис. 5.5б і 5.5в можна відмітити невеликі сплески на частотах, що відповідають періоду 10-11 років, проте вони не виходять за межі довірчих інтервалів.

Зв'язок коливання рівня з явищем Ель-Ніньо. Для аналізу зв'язку коливань рівня з явищем Ель-Ніньо були обрані п'ять станцій, які розташовані поблизу екватора (технічні характеристики цих станцій зображені на рисунку в розділі 4). Станції були підібрані таким чином, щоб майже відстань між східною та західною межами океану була покрита рівномірно. Були враховані два часові ряди по п'ять років. Відповідно до походження, цвітіння, зникнення явища Ель-Ніньо та його переходу до Ла-Ніньо. Найбільш виражені явища другої половини минулого Століття 1981-1985, 1996-2000 і початок поточного століття 2015-2017. Однак коливання даних у 2014-2016 роках доступні не на всіх вибраних станціях.

На станціях Різдва та Лібертад відсутні дані про рівні. Тому за цей період було оброблено та проаналізовано лише три станції - Малакаль, Санта-Крус та Каппімарангі.

Відповідно до більшості моделей створених останнім часом, коливання на західних і східних берегах океану повинні відбуватися в протифазі (рис.5.6)

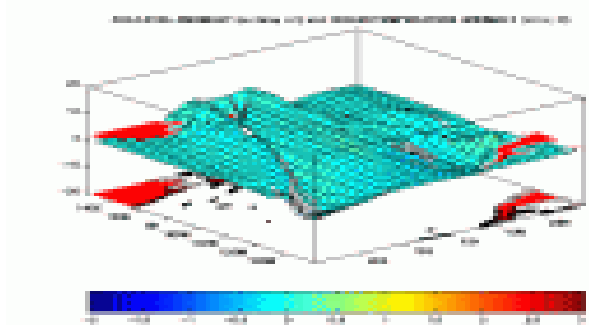


Рис.5.6 Модель рівної поверхні тропічної зони Тихого океану

Подивіться на схеми рівня з часом на вибраних станціях протягом 1981-1985рр. На рисунку чітко видно, наскільки позитивною є аномалія рівень, сформований біля західного узбережжя Тихого океану за останні місяці, поступово рухається на схід і переходить у зимові місяці 1983 р., тобто після Момент максимального розвитку Ель-Ніньо, досяг узбережжя Південної Америки. Водночас біля західного узбережжя формувалася чітко виражена негативна аномалія. Крім того, слід зазначити, що амплітуда позитивної аномалії зростала, коли ми рухались до східного узбережжя. І якщо збільшення амплітуди безпосередньо біля узбережжя (на станції Лібертад) можна пояснити впливом фіксованої межі, збільшення амплітуди коливань рівня на станціях у відкритому океані, пояснення поки не знайдено.

Подібна картина спостерігалась у 1996-2000 рр. Ще раз Позитивна аномалія, що накопичилася на заході, починає рухатися на схід, збільшуючись в амплітуді і досягаючи піку біля східного узбережжя Тихого океану взимку 1997-1998 років. Ель-Ніньо 2016-2017 є менш значущим на графіках, оскільки на початку 2017 року (тобто після завершення цих спостережень) активна фаза Ель-Ніньо ще не присутня завершено. Якщо порівняти перші два випадки, ми можемо побачити ще одну особливість. Коли гребінь хвиль наблизиться до східного узбережжя, він буде розпадається на кілька окремих хребтів. У 83 році їх було двоє, а в 1997 році навіть три. Причина такого поділу на окремі хвилі також досі не знайдена.

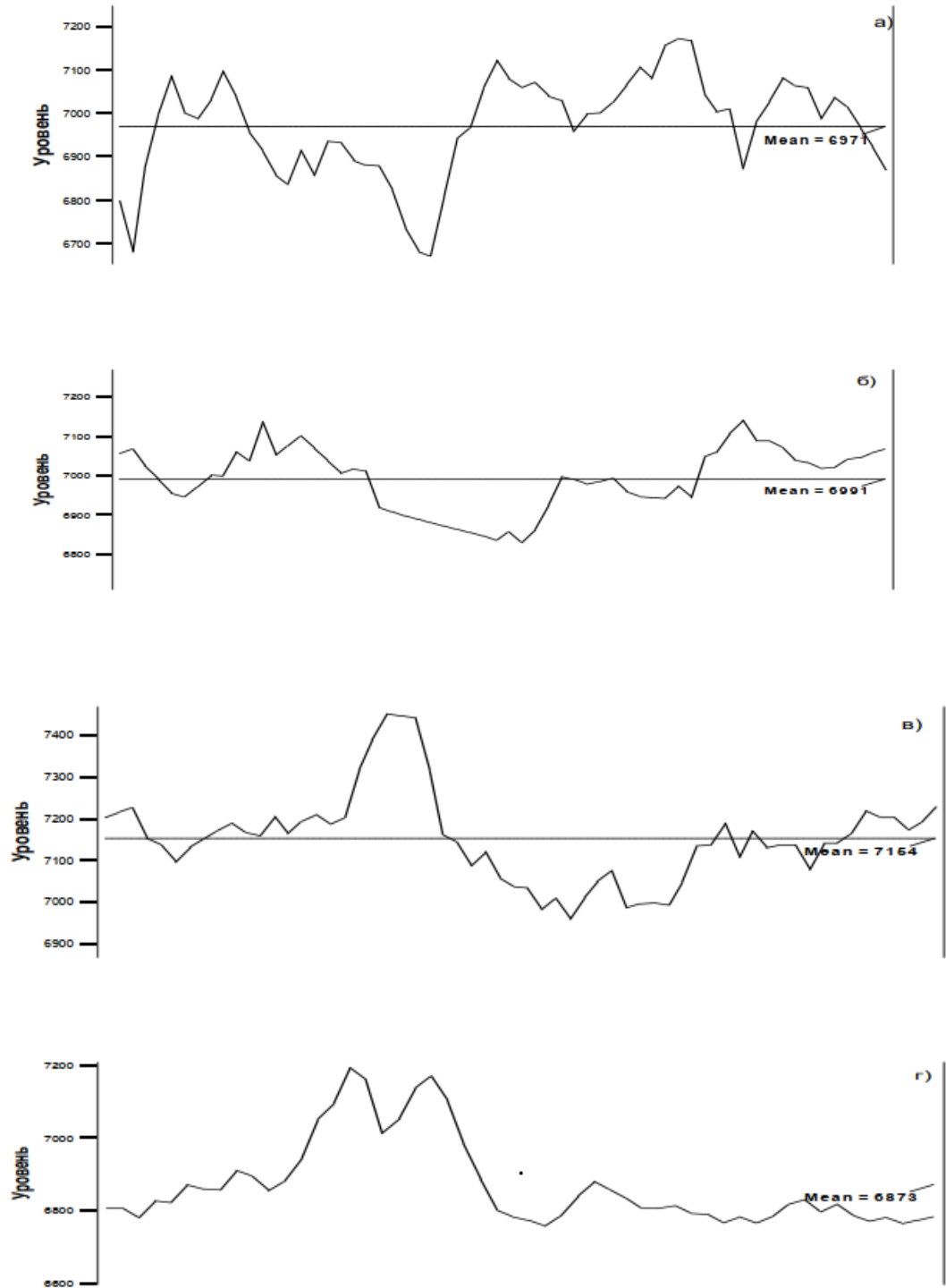


Рис.5.7 Графіки часового ходу рівня моря на станціях Малакал (а), Капінгамарангі (б), Крістмас (в), Санта Круз (г)

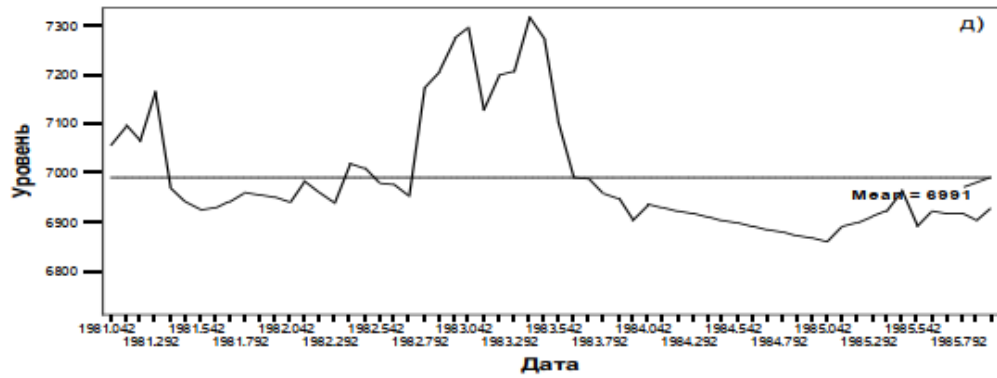


Рис.5.7 (Продовження) Графіки часового ходу рівня моря на станціях Малакал (а), Капінгамарангі (б), Крістмас (в), Санта Круз (г) і Лібертад (д) в 1981-1986 рр.

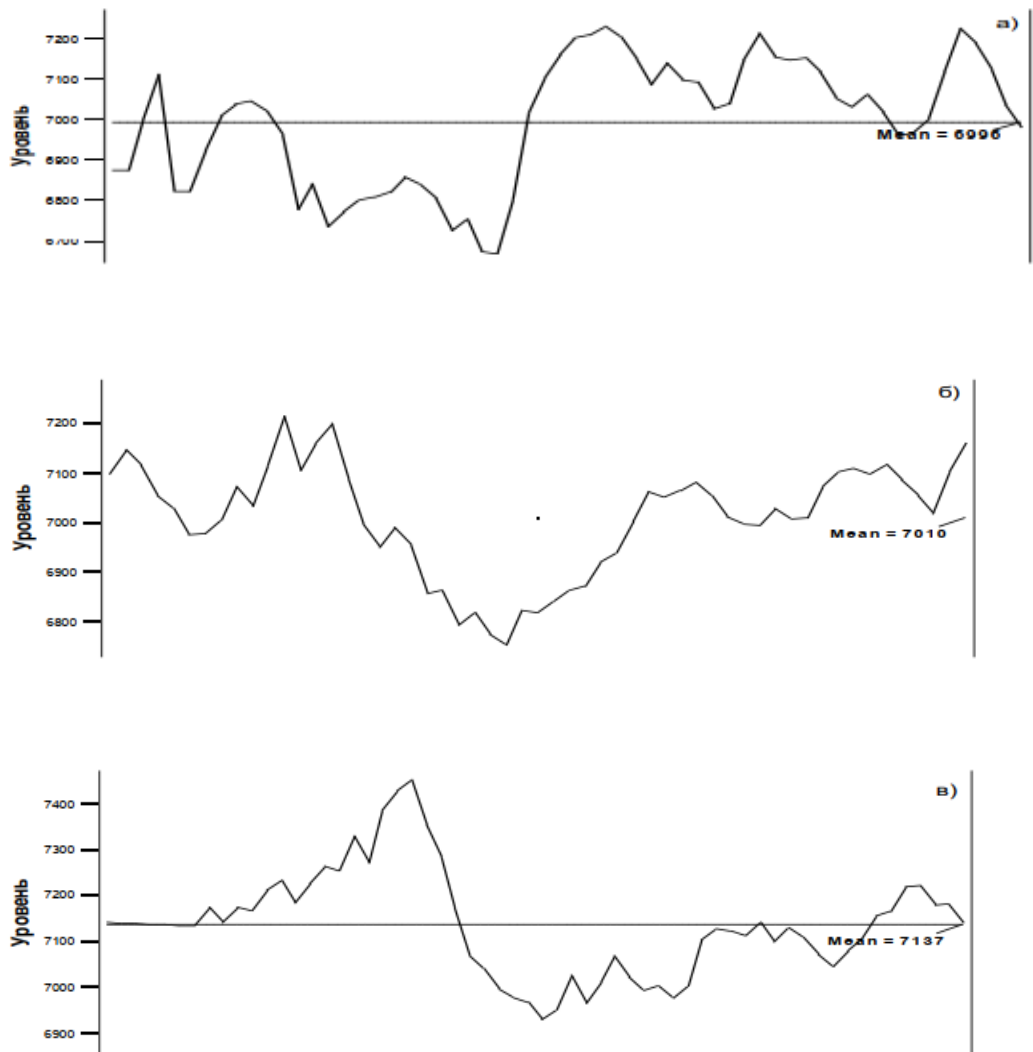


Рис.5.8 Графіки часового ходу рівня моря на станціях Малакал (а), Капінгамарангі (б), Крістмас (в), Санта Круз (г) і Лібертад (д) в 1996-2000 рр

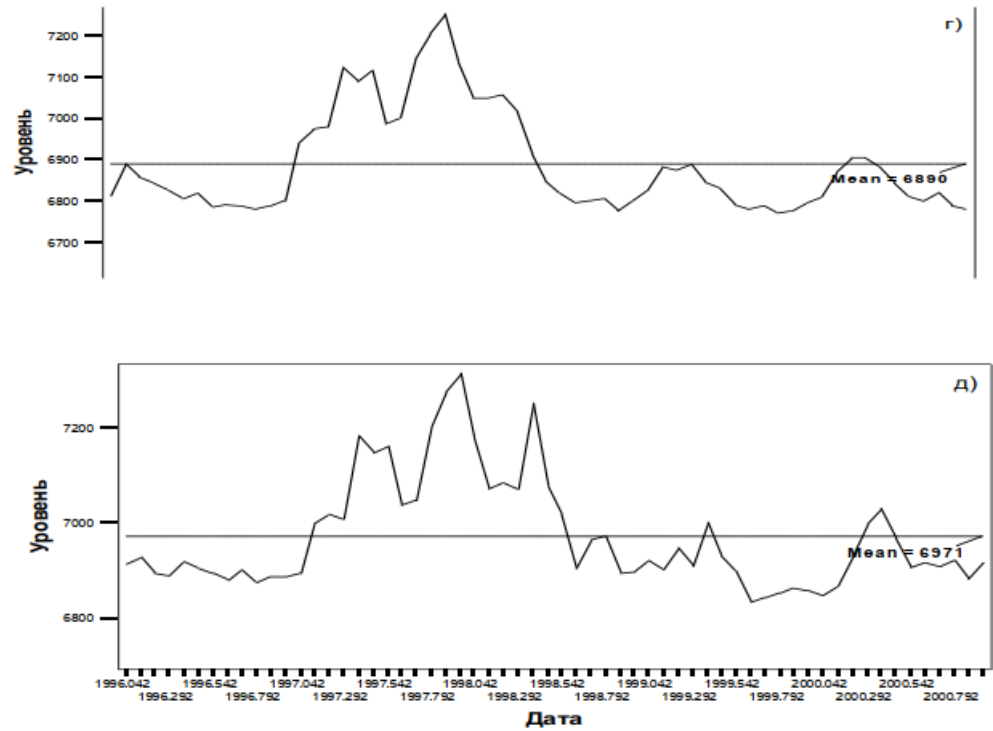


Рис.5.8 (Продовження) Графіки часового ходу рівня моря на станціях Малакал (а), Капінгамарангі (б), Крістмас (в), Санта Круз (г) і Лібертад (д) в 1996-2000 рр

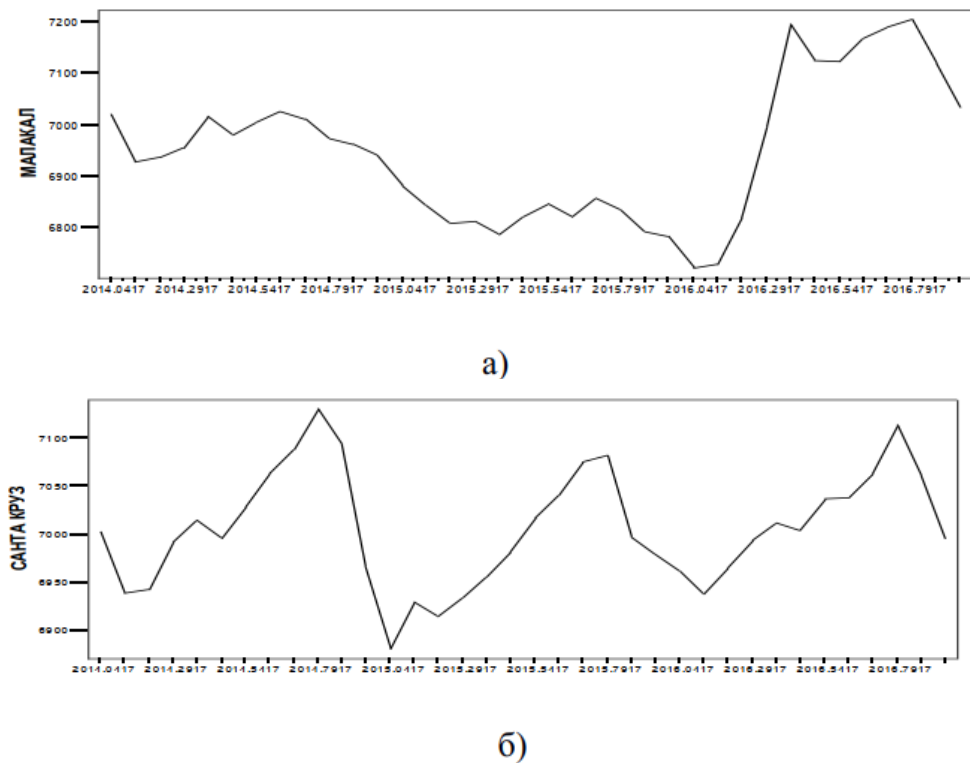


Рис.5.9 Графіки часового ходу рівня моря на станціях Малакал (а), Санта-Круз (б)

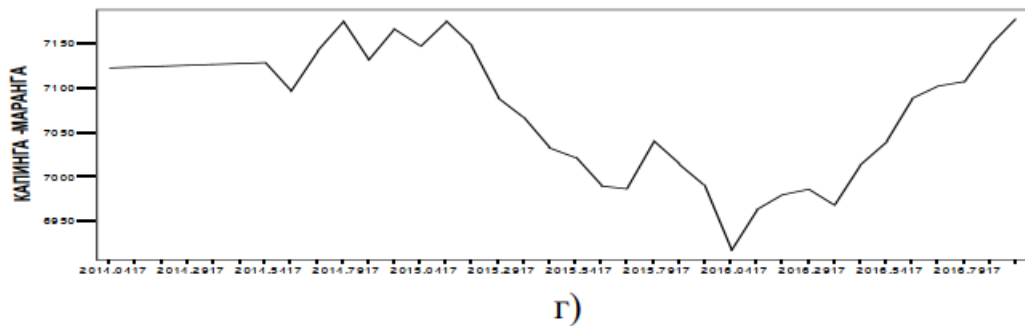


Рис.5.9 (Продовження) Графіки часового ходу рівня моря на станціях Малакал (а), Санта-Круз (б) та Капінгамарангі (г) в 2014-2016 рр.

Розглянувши детально рисунок 5.9-б, можна побачити ще одну особливість, а саме на цьому графіку зображено хід рівня на станції Санта-Круз, але не досить добре простежуються три послідовних хвилі приблизно однієї висоти. Причому періодичність цих хвиль становить рівно один рік. Сплеск цих хвиль припадає на серпень 2014, серпень 2015 і серпень 2016 року. Причина появи таких хвиль на одній зі станцій також не з'ясована.

Коефіцієнти парної кореляції для всіх пар станцій представлені в таблицях 5.7, 5.8 і 5.9.

Таблиця 5.7 - Коефіцієнти парної кореляції між станціями регіону 1981-1985 рр.

		Кореляції				
		Малакал	LINT(Капінга)	LINT(Кристмас)	LINT(Санта)	LINT(Либертад)
Малакал	Корреляція Пирсона					
	Знч.(2-сторон)					
	N					
LINT(Капінга)	Корреляція Пирсона	-,115				
	Знч.(2-сторон)	,383				
	N	60				
LINT(Кристмас)	Корреляція Пирсона	-,577**	,174			
	Знч.(2-сторон)	,000	,185			
	N	60	60			
LINT(Санта)	Корреляція Пирсона	-,454**	-,616**	,230		
	Знч.(2-сторон)	,000	,000	,077		
	N	60	60	60		
LINT(Либертад)	Корреляція Пирсона	-,438**	-,624**	,175	,958**	
	Знч.(2-сторон)	,000	,000	,180	,000	
	N	60	60	60	60	

** . Корреляція значима на рівне 0.01 (2-сторон.).

Таблиця 5.8 - Коефіцієнти парної кореляції між станціями регіону 1996-2000 рр.

Корреляції		Малакал	LINT(Каринга)	LINT(Кристмас)	Санта	Либертад
Малакал	Корреляція Пирсона Знч.(2-сторон) N					
LINT(Каринга)	Корреляція Пирсона Знч.(2-сторон) N	,188 ,150 60				
LINT(Кристмас)	Корреляція Пирсона Знч.(2-сторон) N	-,571** ,000 60	,007 ,959 60			
Санта	Корреляція Пирсона Знч.(2-сторон) N	-,683** ,000 60	-,613** ,000 60	,436** ,000 60		
Либертад	Корреляція Пирсона Знч.(2-сторон) N	-,555** ,000 60	-,662** ,000 60	,324* ,012 60	,940** ,000 60	

** - Корреляція значима на рівні 0.01 (2-сторон.).

* - Корреляція значима на рівні 0.05 (2-сторон.).

Таблиця 5.9 - Коефіцієнти парної кореляції між станціями регіону 2014-2016рр.

		МАЛАКАЛ	САНТА КРУЗ	КАПІНГА - МАРАНГІ
МАЛАКАЛ	Кореляція Пірсона	1	,508(**)	,323
САНТА КРУЗ	Кореляція Пірсона	,508(**)	1	,055
КАПІНГА - МАРАНГІ	Кореляція Пірсона	,323	,055	1

Таблиці в основному дуже схожі між собою. У таблицях найзахідніша станція (Малакал) не корелює з найближчою станцією (Капінгамарангі), а коефіцієнт кореляції є негативним для всіх інших станцій. Наступна станція також не корелює з сусідньою, а для станцій більш східного коефіцієнт кореляції є негативним. Різдва, станція, яка знаходиться приблизно на півдорозі між західним та східним узбережжям, схожа на вузол коливань і, отже, слабо корелює з майже всіма станціями. Дві найбільш східні станції мають найвищі коефіцієнти кореляції як між собою (позитивна), так і з іншими станціями (негативна).

Значно високий позитивний зв'язок між станціями Санта-Крус та Лібертад (0,958 у першому випадку та 0,94 у другому випадку) пояснюється

тим, що вони знаходяться у висхідній зоні, завдяки чому коливання рівня є синхронними.

Між станціями західного і східного берегів тропічної зони простежується значний негативний зв'язок, а це означає, що коливання рівня на цих станціях знаходяться в різних фазах. Для того, щоб визначити різницю цих фазових коливань (тобто затримку в часі) на різних станціях були побудовані взаємкореляційні функції між станціями. Графіки цих функцій показані на рис.5.10.

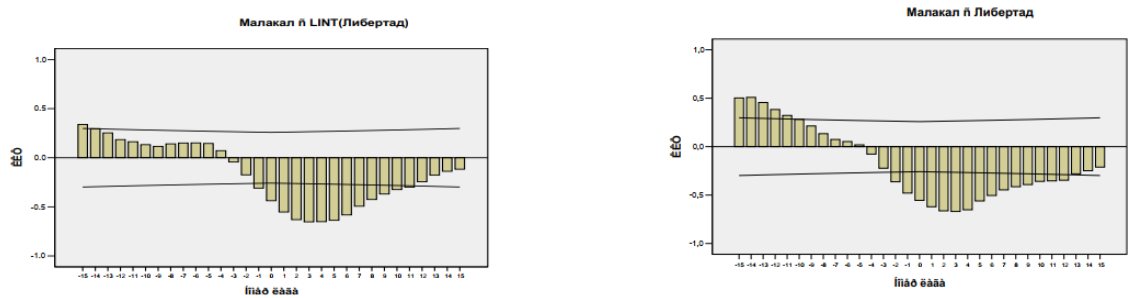


Рис. 5.10 Графіки взаємкореляційних функцій між коливаннями рівня на станціях Малакал і Лібертад в 1981-1985 рр. (А) і 1996-2000 рр. (Б).

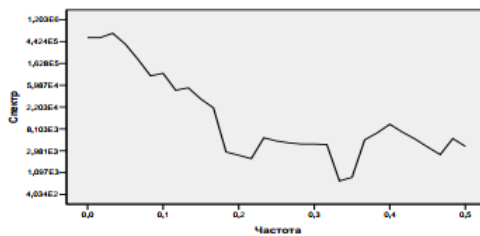
Перше, на що звертає увагу, це те, що форми кривих за 1981-1985 роках і 1996-2000 рр. майже повністю однакові, вони розрізняються лише в дрібних деталях. Це говорить про те, що обидва явища Ель-Ніньо, були різні за інтенсивністю, але відбувалися за одним і тим же сценарієм. Час, необхідний для подорожі від найзахіднішої станції в тропічному поясі Тихого океану (Малакал) до найсхіднішої станції (Лібертад), становить 19-20 місяців. Таким чином були розраховані затримки часу між окремими станціями. Окремо між станціями відставання в часі між станціями: від Макалала до Каппінгамарами 6 місяців, від Каппінгарама до Різдва 9 місяців, від Різдва до Санта-Крус і після Лібертада обурення сягає 4 місяців. Рівень на станціях Санта-Крус та Лібертад реагує на порушення майже одночасно (тобто із затримкою менше 1 місяця), що відображається як в одному і тому ж часі затримки для інших станцій, так і в обмеженні без декомпресії між цими станціями. Це підтверджує наш висновок, що обидві станції знаходяться в радіусі деформації у верхній зоні. Для порівняння інтенсивності явища Ель-Ніньо в 1983 і 1998 рр. Ми можемо навести графіки спектральної потужності рівня моря того часу. На рисунку 5.11 показані приклади спектрів для часового ходу рівня на станціях Різдво та Лібертад.

З рисунка видно, що інтенсивність процесу в палаті Лібертад у 1983 році дещо нижча, ніж у 1998 році, і вище у різдвяній палаті. що ці дві станції знаходяться в радіусі деформації у верхній зоні. Для порівняння

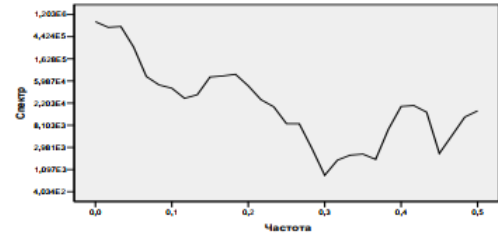
інтенсивності явища Ель-Ніньо в 1983 та 1998 рр. Ми можемо навести графіки спектральної потужності рівня моря того часу.

На рисунку 5.11 показані приклади спектрів для часового ходу рівня на станціях Різдово та Лібертад. З рисунка видно, що інтенсивність процесу на станції Лібертад трохи менша в 83 році, ніж у 1998 році, і на Різдвяній станції вища, що обидві станції знаходяться у висшій зоні в радіусі деформації. Для порівняння інтенсивності явища Ель-Ніньо в 1983 та 1998 рр. Ми можемо використати графіки спектральної потужності рівня моря на той час. На рисунку 5.11 показані приклади спектрів для часового ходу рівня на станціях Різдово та Лібертад. З рисунка видно, що інтенсивність процесу на станції Лібертад дещо нижча у 83, ніж у 98 і вище на різдвяній станції.

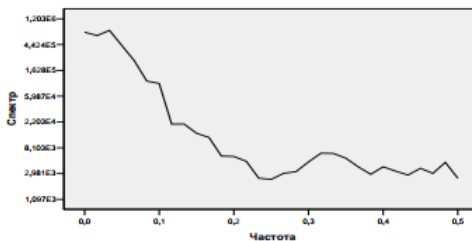
Всі вищезазначені розрахунки та графіки виконувались відповідно до даних прибережних та острівних станцій Тихого океану.



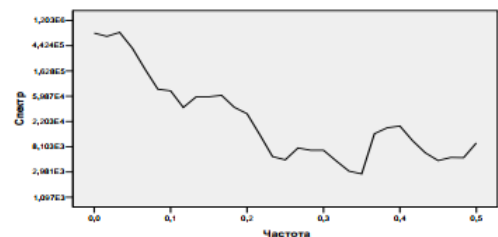
(а)



(а)



(б)



(б)

Рис. 5.11 Спектральна густина тимчасового ходу рівня в 1981-1985 рр. (зверху) і 1996-2000 рр. (знизу) на станціях Крістмас (а) і Лібертад (б)

Для оцінки даних, отриманих з берегових станцій, були взяті дані супутникових спостережень в трьох точках Тихого океану на екваторі, неподалік від досліджуваних станцій Капінгамарангі, Крістмас і Санта-Круз. Координати цих точок: західна - 155°в.д. (Ст. Капінгамарангі 154°в.д., 1°05'с.ш.), Центральна - 150°з.д. (Крістмас 154°47'з.д., 01°59'с.ш.) І східна - 90°з.д (Санта-Круз 90°19'з.д., 00°45'ю.ш.). На рис.5.11 показані графіки

тимчасового ходу рівня в обраних точках і на відповідних станціях.

Порівняльний аналіз цих графіків показує, що вони повністю ідентичні. Додаткові дрібні деталі на графіках, побудованих за даними супутникових спостережень пов'язані з тим, що ці спостереження є миттєвими з інтервалом в 10 днів, а дані берегових станцій усереднені за часовий проміжок в один місяць.

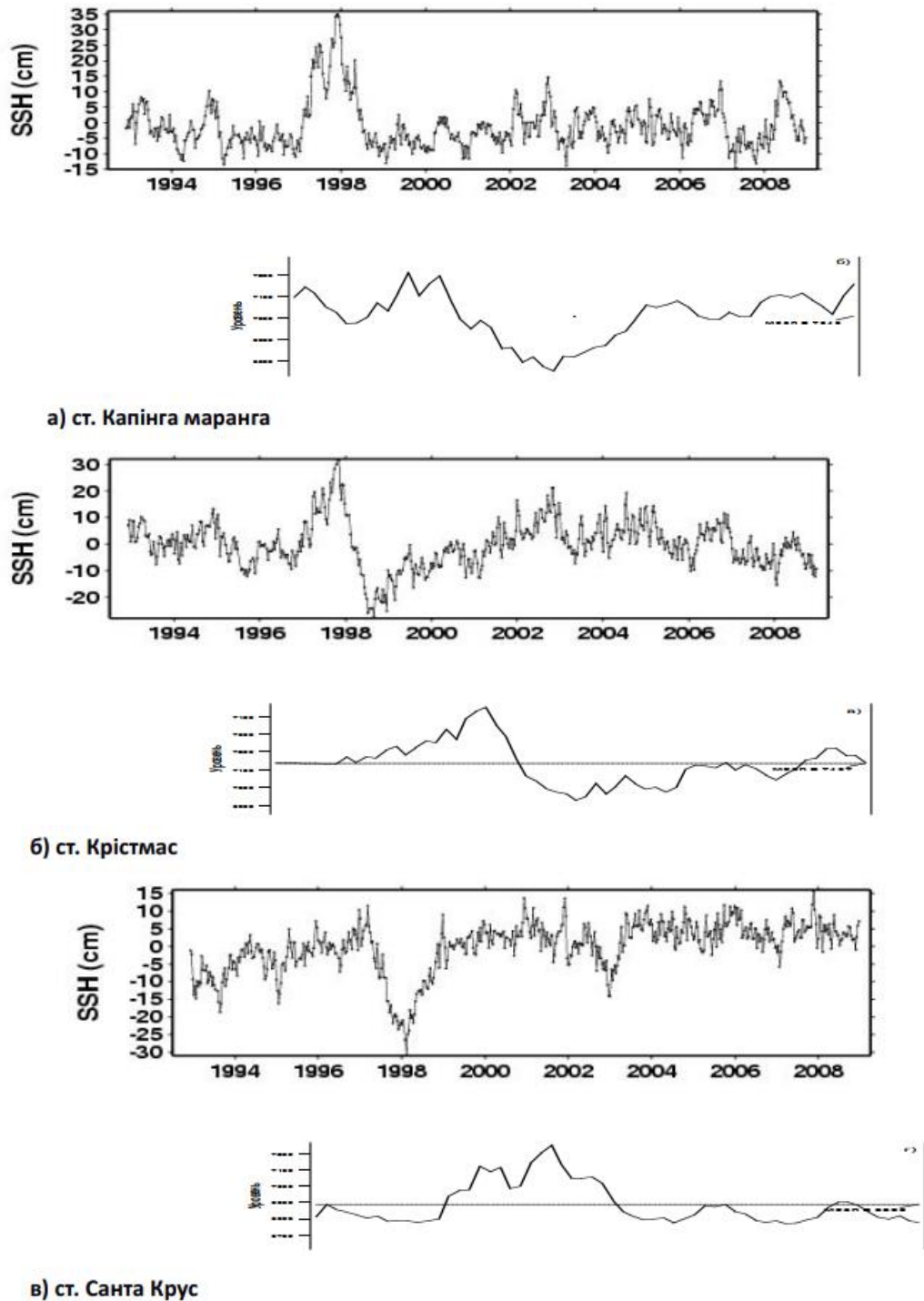


Рис. 5.11 Тимчасовий хід рівня за супутниковими даними (верхні рисунки) і за даними станційних спостережень (нижні рисунки)

ВИСНОВКИ

1. У частині Тихого океану, так само як і в усьому Світовому океані, ось уже понад століття відбувається значний підйом рівня, який за останні 100 років склав приблизно 2 мм / рік. За останні 15 років темпи зростання рівня збільшилися і становлять 3.1 мм / рік (3.2 мм / рік - по всьому Світовому океану)

2. На станціях, розташованих в південній частині Тихого океану підвищення рівня за весь період спостережень (близько 100 років) трохи менше, ніж по всьому Світовому океану і становить 1.45 мм / рік в Гонолулу, 1.38 - в Бальбоа і 0.75 мм / рік в Сіднеї .

3. Високий коефіцієнт кореляції між коливаннями рівня в Гонолулу і Бальбоа, можливо, обумовлений тим, що причини, що викликають ці коливання і їх механізми дії на цих станціях однакові.

4. Спектральний аналіз коливань рівня на станціях південній частині Тихого океану дозволяє виділити великий набір періодичностей цих коливань, найбільш часто зустрічаються з них - 2.4, 3.5-4, 5.5 і 11 років.

5. Коливання рівня на станціях, розташованих в східній і західній частинах екваторіальній зони Тихого океану знаходяться в протилежних фазах. Про це ж свідчать як тимчасової хід коливань рівня, так і графік взаємкореляційної функції для ст. Гуам і Лібертад. Коливання рівня на станціях, розташованих на західних і східних берегах океану відбуваються в протифазі.

6. У роботі показані основні тенденції в зміні коливань рівня за період часу близько 150 років, проаналізовані деякі з причин, що викликають ці зміни. Однак, на підставі цього дослідження не можна зробити ніяких висновків щодо вкладу кожного процесу в загальну зміну рівня. Для вирішення цього завдання можна запропонувати наступне:

1) для поліпшення якості спектрального аналізу (кращого поділу частот), розглядати не середньорічні, а середньомісячні значення характеристик;

2) додати дані по таненню морського і материкового льоду;

3) застосувати інші методи аналізу.

7. Аналіз рівнянь регресії часового ходу рівня на берегових станціях показує, що на всій акваторії Тихого океану відбувається зростання рівня, причому в західній частині темпи зростання більше, ніж в східній. Середнє значення рівня зростає у напрямку із заходу на схід.

8. На тимчасових спектрах коливань рівня всіх обраних для спостережень станцій простежуються сплески на частотах, відповідних періодів 1 рік і 6 місяців, що, очевидно, пов'язано з річним ходом тиску і інших метеорологічних елементів.

9. На взаємних спектрах індексу ЮК і коливань рівня акваторії Тихого океану відзначаються енергетичні сплески на періодах 2-5 років, що відповідають тривалості явища Ель-Ніньо (ЕНПІК). В даній роботі між

коливаннями рівня і сонячною активністю, вираженою в числах Вольфа – зв'язків не виявлено.

10. Час, необхідний для того, щоб обурення, яке виникло у західних берегів океану, досягло його східних берегів, становить приблизно 20 місяців, що і відповідає фазовій швидкості переміщення захопленої хвилі Кельвіна.

11. У роботі показані основні тенденції в зміні коливань (мінливості) рівня акваторії Тихого океану за період часу близько 150 років, проаналізовані деякі з причин, що викликають ці зміни. Однак, на підставі цього дослідження не можна зробити ніяких висновків щодо вкладу кожного процесу в загальну зміну рівня. Для вирішення цього завдання можна запропонувати наступне:

- 1) для поліпшення якості спектрального аналізу (кращого поділу частот), розглядати не середньорічні, а середньомісячні значення характеристик;
- 2) додати дані по таненню морського і материкового льоду;
- 3) застосувати інші методи аналізу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Догановский А.М., Малинин В.Н. Гидросфера Земли. – СПб: Гидрометеиздат, 2004. – 631 с.
2. Клиге Р.К. Изменения глобального водообмена. – М.: Наука, 1985. – 247с.
3. Фукс В.Р. Уровень Мирового океана как индикатор глобального потепления. – География и современность. СПб.: Изд.СПбГУ, 2005.- вып.10, с.73-93.
4. Лыкова В.В., Лыков А.А. Климатические изменения уровня моря, температуры воды и ледовитости. – Обнинск:Инф.центр, 1977. – 50с.
5. Основи океанології: підручник / В.К. Хільчевський, С.С. Дубняк. – 2-ге вид., доп. і перероб. - К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2008 – 255 с
6. <http://ggweather.com/euco/> .
7. Герман В.Х., Левигов С.П. Вероятностный анализ и моделирование колебаний уровня моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 231 с.
8. Бююль А., Цефель П. SPSS: Искусство обработки информации. – М.: DiaSoft, 2005. – 602 с.
9. Ушаков С.А., Ясаманов Н.А. Дрейф материков и климаты Земли. – М.: Мысль, 1984. – 203 с.
10. Ясаманов Н.А. Древние климаты Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 294 с.
11. Goosse H., Barriat P.Y., Lefebvre W., Loutre M.F., Zunz V. Introduction to climate dynamics and climate modeling. 2009. (електр.форма)
12. Герман Дж.Р., Голдберг Р.А. Солнце, погода и климат. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 319 с.
13. Глобальные и региональные изменения климата. Шестопапов В.М., Логинов В.Ф., Осадчий В.И. и др. –К.: Ника-центр, 2011. 448 с.
14. Адрианова О.Р., Многолетние колебания уровня Мирового океана: тенденции и причины. Одесса : «Астропринт» , 2014. – 159 с.
15. Wyrky Klaus, 1974: Sea level and the seasonal fluctuations of the equatorial currents in the western Pacific ocean, J.Phys.Ocean, Vol. 4, N1, 91-103.
16. Smith T.M., 1999: Tropical Pacific sea level variayions (1948-1998), Journal of Climate, Vol.13, N3, 2757-2769

17. МГЭИК, 2012: Изменение климата. 2012, Обобщающий доклад.
Женева, Швейцария. (електр.форма).
18. Степаненко С.М. 2012. Динаміка та моделювання клімату, Одеса, 327с.
19. Полонский А.Б. Роль океана в современных изменениях климата. —
Київ, Наукова Думка. - 2008. 182 С.
20. Хільчевський В. К. Гідрохімія океанів і морів. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2003. 114 с.