МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра океанології та
морського природокористування

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Термічний режим прибережної частини Чорного моря

Виконав студент групи ГО-41
спеціальності 103 Науки про Землю

Гут Владислав Юрійович

Керівник канд. геогр. наук, доц.
Гаврилюк Раїса Володимирівна

Консультант _____
_____

Рецензент канд. геогр. наук, доц.

Лужбін Анатолій Михайлович

Одеса 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____Гідрометеорологічний інститут_____
Кафедра ___Океанології та морського природокористування_____
Рівень вищої освіти ___бакалавр_____
Спеціальність ____103 «Науки про Землю»_____
(шифр і назва)
Освітня програма__ _Гідрометеорологія_____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Океанології та морського природокористування
_____ Берлінський М.А.
"_05_" ___травня_____2021_року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці)_____Гут Владиславу Юрійовичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи__Термічний режим прибережної частини Чорного моря__
керівник роботи _Гаврилюк Раїса Володимирівна канд. геогр. наук, доц._____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ОДЕКУ від__"18"_грудня__2020 року _№254 «С»__

2. Строк подання студентом роботи____31.05.2021 р._____

3. Вихідні дані до роботи_Данні стандартних спостережень за температурою води на станціях Цареградське гирло та Южний за період 1986 по 2010рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_Аналіз мінливості температури води різного часового масштабу-сезонної, міжрічної та короткострокової на станціях Цареградське гирло та Южний. Порівняння результатів власних досліджень з _наведеними в літературних джерелах Виявлення тенденцій в змінах температурного режиму в прибережній частині Чорного моря

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _Графіки созонної, міжрічної та короткочасної мінливості температури води на станціях Цареградське_гирло та Южний.

Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання____05.05.2021 р._____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Одержання завдання на виконання кваліфікаційної роботи	05.05.2021		
2	Огляд літературних джерел з мінливості температурного режиму прибережної частини Чорного моря	05-07.05.2021	90	відмін.
3	Підготовка матеріалів спостережень за температурою води на станціях Цареградська гирло та Южний– формування бази даних	06-08.05.2021	90	відмін.
4	Розрахунки статистичних характеристик мінливості температури води різного часового масштабу	06-10.05.2021	90	відмін.
5	Рубіжна атестація	11.05-15.05.2021	90	відмін.
6	Аналіз статистичних характеристик мінливості температури води , порівняння їх з багаторічними нормами , виявлення тенденцій змін термічного режиму прибережної частини Чорного моря	13-20.05.2021	85	добре
7	Підготовка тексту кваліфікаційної роботи згідно з вимогами	21-31.05.2021	95	відмін.
8	Перевірка роботи на плагіат	01.06-02.06.2021		
9	Попередній захист роботи	10.06.2021		
10	Підготовка доповіді, презентації	01.06-14.06.2021		
11	**Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)**			

Студент _____ **Гут В.Ю.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Гаврилюк Р.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ 9
2 МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ 23
3 МІНЛИВІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ НА СТАНЦІЇ ЦАРЕГРАДСЬКЕ ГИРЛО 25
3.1 Сезонна мінливість температури води на станції Цареградське гирло 25
3.2 Міжрічна мінливість температури води на станції Цареградське 27
3.3 Короткочасна мінливість температури води на станції Цареградське гирло 29
4 МІНЛИВІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ НА СТАНЦІЇ ЮЖНИЙ 35
4.1 Сезонна мінливість температури води на станції Южний 35
4.2 Міжрічна мінливість температури води на станції Южний 37
4.3 Короткочасна мінливість температури води на станції Южний 39
5 ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІНЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ З БАГАТОРІЧНИМИ ДАНИМИ ТА МІЖ СОБОЮ НА СТАНЦІЯХ ЦАРЕГРАДСЬКЕ ГИРЛО І ЮЖНИЙ 44
5.1 Сезонні коливання температури води 44
5.2 Порівняння характеристик мінливості температури води з багаторічними нормами 46
5.3 Міжрічна мінливість температури води 49
5.4 Короткочасна мінливість температури води 50
ВИСНОВОК .....**Error! Bookmark not defined.**
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 51

ВСТУП

Чорне море належить до внутрішнього басейну Атлантичного океану. З'єднується з Мармуровим морем протокою Босфор, далі, через протоку Дарданелли (ці протоки часто називають чорноморськими протоками) - з Егейським і Середземним морями. З Азовським морем сполучається Керченською протокою. З півночі в море глибоко врізається Кримський півострів. По Чорному морю проходить водна межа між Європою і Малою Азією. Воно є одним з найбільш вивчених регіонів Світового океану. Перші відомості про його географію, погодні та навігаційні умови беруть початок ще з античних часів. Їх отримання було тісно зв'язано з розвитком торгівлі та мореплавання, освоєнням Причорномор'я древніми греками, скіфами, римлянами, слов'янами та іншими народами.

Систематичні дослідження Чорного моря проводились з середини XVIII століття і продовжуються до нашого часу. В умовах глобального потепління в останні роки актуальність дослідження змін гідрометеорологічного режиму моря та його регіону значно зросла. Особливий інтерес для морського господарства та екологічного моніторингу представляє інформація про метеорологічні (температуру повітря, вітер) і гідрологічні (рівень моря, температуру і солоність морської води) показники стану морського середовища, які в більшій мірі залежать від зовнішніх природних і антропогенних факторів. При розгляді моря відображаються основні риси просторово - часової мінливості гідрометеорологічних показників та розкриваються індивідуальні особливості моря. Це відноситься до фактичних даних (температура повітря і води, солоність і т. д.) і до динамічних процесів (хвилювання, трансформація вод та ін.), що дозволяє простежити спрямованість змін, їх сезонний та багаторічний хід.

Важливою рисою для моря є мінливість гідрометеорологічних характеристик та умов. Індивідуальні особливості моря визначаються притаманним кожному морю своєрідним поєднанням факторів, що впливають. Облік таких факторів дає можливість показати специфіку природи моря. До них відносяться взаємодія моря з атмосферою і водами материкового стоку, умови водообміну з сусідніми морями або океаном,

тепловий баланс та ін. Їх вплив на кожне море проявляється по-різному, чим обумовлюється індивідуальність протікання у ньому процесів.

На березі Чорного моря розташовано 24 пункти нагляду гідрометслужби України на яких ведуться спостереження за комплексом метеорологічних та гідрологічних показників. В літературних джерелах приводяться характеристики режиму за усіма елементами [1-9].

В кваліфікаційній роботі представлено аналіз мінливості температури води на станціях Южний та Цареградське гирло.

Станція Южний розташована на пересипі Григорівського лиману де знаходиться один з найважливіших портів Чорного моря, а станція Цареградське гирло - в прибережній зоні моря на вході в Дністровський лиман. Положення двох станцій наведено на малюнках 1 і 2 відповідно.

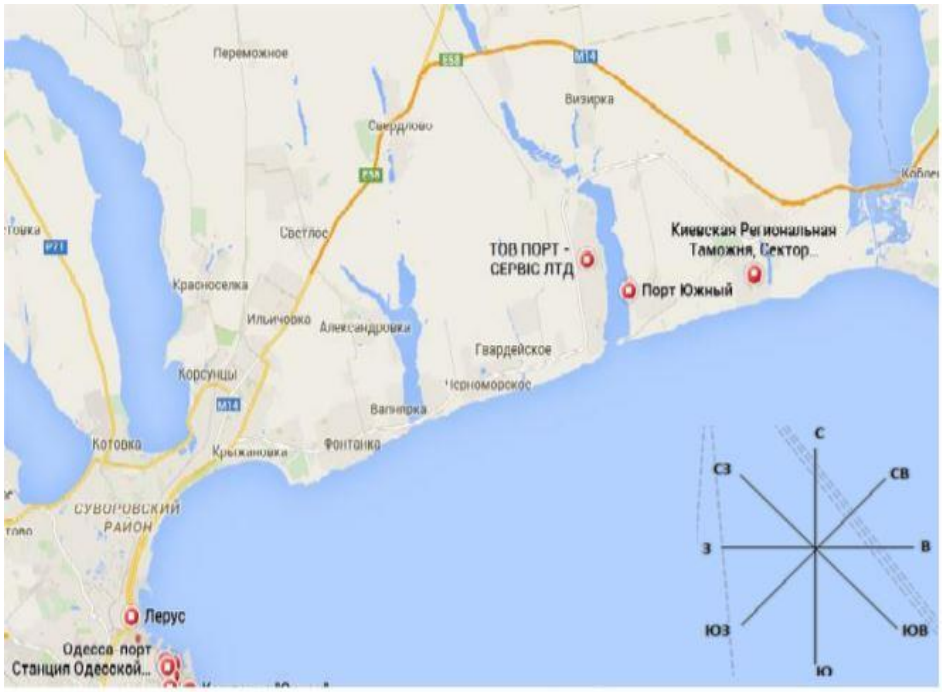

Рис.1 Положення станції Южний

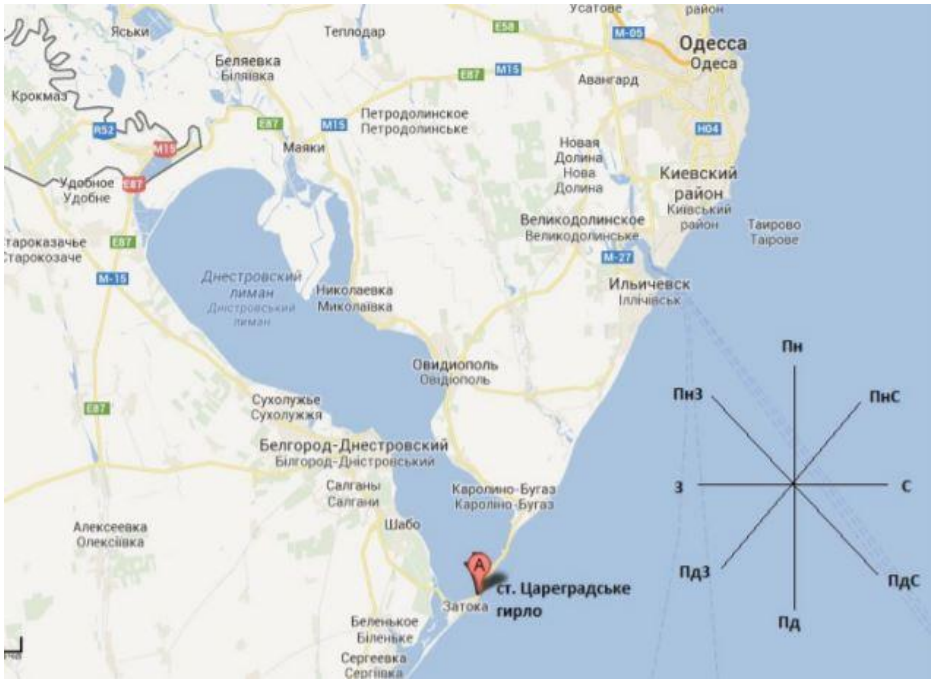

Рис.2 Положення станції Цареградське гирло

Температура води належить до числа найважливіших елементів гідрологічного режиму будь-якого моря. Температурні контрасти поверхневого шару моря дозволяють ідентифікувати наслідки згінно-нагінних процесів в прибережній зоні, вихрові динамічні структури і струменеві течії за допомогою дистанційних супутникових вимірювань. Температура води є фактором рекреаційного використання прибережної зони Чорного моря. Вона відіграє важливу роль у репродуктивному циклі рибних популяцій, тому широко використовується при рибопромислових дослідженнях.

Розрахунки мінливості температури води різного часового масштабу мають дуже важливе значення як для роботи морських портів, при рибопромислових дослідженнях та плануванні промислу риби, а також і для визначення рекреаційного потенціалу прибережної зони Чорного моря.

Порти Чорного моря широко використовується в господарському житті країни. Чорне море являється важливою транспортною магістраллю, по якій здійснюються великі за обсягом вантажні, пасажирські міжнародні та внутрішньодержавні перевезення. Друге місце в економічній значущості займає напрямок - рекреаційне використання чорноморського узбережжя. Порівняно скромне місце в останні роки стало займати рибальство. Важливу роль на сучасному етапі грає видобуток нерибних об'єктів - молюсків і водоростей. Подальше господарське освоєння Чорного моря вимагає розвитку досліджень його природних умов і, зокрема температурних умов.

Мета досліджень – виконати аналіз мінливості температури води різного часового масштабу (короткочасну, сезонну та між річну) на двох станціях, і порівняти статистичні характеристики за останні роки з багаторічними характеристиками.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

В багаточисельній науковій літературі наведено основні риси фізико-географічних умов Чорного моря. Розглянемо ці риси як для всього Чорного моря, так й для районів дослідження - Цареградського гирла та району порту Южний. Сильно витягнуте по широті і звужене по середині море лежить між паралелями 46°38' і 40°54' пн. ш. і меридіанами 27°21' і 41°47' с. д. та майже повністю оточене сушею, але не ізольовано від Світового океану. На південному-заході воно має вихід в Мармурове море через протоки Босфор і Дарданелли (кордон між Чорним і Мармуровим морями проходить по лінії м. Румелі – м. Анадолу) і далі в Середземне море та Атлантичний океан. Чорне та Азовське моря з'єднуються Керченською протокою, межею між якими служить лінія від м. Такіль до м. Панагія. Чорне море відноситься до внутрішніх морів, оскільки глибоко врізане в сушу.

Узбережжя сучасного Чорного моря досить різноманітне і представлено різними геоморфологічними типами берегів. Море оточують переважно абразійні, змінені морем берега. Значно рідше зустрічаються їх акумулятивні форми. При досить великій різноманітності берегових форм підводна частина чорноморської улоговини виглядає порівняно одноманітно. Її головною морфологічною особливістю є поєднання великої та досить глибокої западини з переважно крутими схилами і значного за площею мілководдя в північно-західній частині, яке по суті являє собою найбільший за розмірами шельф Чорного моря. Біля західного узбережжя і в Керченсько-Таманському районі простягається порівняно широка смуга малих глибин. На переважній частині моря великі глибини знаходяться поблизу берегів, подекуди підступаючи до них майже впритул.

У сучасних межах воно характеризується наступними основними морфометричними показниками: площа – 422 тис. км2 , об'єм – 555 тис. км3 , середня глибина – 1315 м, найбільша глибина – 2210 м (43°17' пн. ш., 33°28' с. д.) [10,11].

Материкове положення, витягнутись уздовж паралелі при великій різниці широт північного і південного узбережь, відносно малу площу водного дзеркала зумовлюють загалом однорідні кліматичні умови на Чорному морі. Основні риси клімату моря в цілому формуються під

впливом макро циркуляційних процесів, які протікають в середземноморському кліматичному регіоні. Разом з тим місцеві особливості, головним чином орографія та своєрідність обрисів деяких ділянок узбережжя, створюють помітні кліматичні відмінності одних районів від інших. На більшій частині просторів чорноморський клімат схожий з середземноморським (тепла й волога зима, жарке й сухе літо). Його південно-східна частина, захищена горами, характеризується кліматом вологих субтропіків (велика кількість опадів, тепла зима і спекотне літо).

Основні сезонні особливості погоди в середземноморському кліматичному регіоні, та зокрема над Чорним морем, визначаються взаємодією Сибірського і Азорського максимумів, Азіатського мінімуму (Середньоазіатської депресії) і Середземноморського зимового циклону, назва якого обумовлена активізацією тут циклонічної діяльності взимку і її ослабленням влітку. Взимку синоптична обстановка зумовлює переважання майже над всім морем північно-східних вітрів з середньою місячною швидкістю 7 – 8 м·с-1. Тільки в південно-східній частині моря дмуть переважно східні вітри, середньомісячна швидкість яких 5 – 7 м·с-1.

Розвиток сильних (більше 10 м·с-1) та особливо штормових вітрів пов'язана головним чином з проходженням циклонів над морем. Загалом температура повітря взимку знижується від відкритого моря до берегів до -2 °С на північному-заході, 0 °С на північному-сході і до +4 – 5 °С на південному-сході. Мінімальна температура повітря над відкритим морем рідко буває нижче 0 °С, але в північно-західній частині вона досягає - 4 – 5°С.

Під впливом особливостей великомасштабного розподілу тиску (гребінь Азорського максимуму і положення Азіатського мінімуму) влітку над усім морем переважають північно-західні вітри. Їх середня швидкість над відкритим морем дорівнює 3 – 5 м·с-1, а над узбережжям - 2 – 5 м·с-1 . Швидкість вітру зменшується в загальному з заходу на схід. Сильні штормові вітри влітку спостерігаються рідко. Вони виникають при проходженні циклонів. Поле температури повітря над морем у цю пору року досить однорідне. Середня місячна температура повітря в серпні змінюється від 22°С на північному заході до 23 – 24 °С на заході і в центрі і до 24 – 25 °С на сході моря.

Численні річки, що впадають у Чорне море, вливають в нього за рік близько 346 $км^3$ прісної води. Найбільший стік дає Дунай (за середніми багаторічними даними близько 201 $км^3$ ·рік-1), Дніпро дає приблизно 52

км³ ·рік-1, Дністер 10 км³ ·рік-1, Південний Буг більше 2 км³ ·рік-1 , Інгул 0,2 км³ ·рік-1. Всього річки північно-західній частині скидають у море 270 км³ води в рік. Річки Кримського узбережжя дають близько 4 км³ ·рік-1, а річки Кавказького узбережжя за цей час приносять в море 43 км³ ·рік-1. Стік річок Турецького узбережжя оцінюється в 25 – 26 км³ ·рік-1, а річок Болгаро-Румунських берегів – 3 км³ ·рік-1. З наведених даних видно, що майже 80 % сумарного річкового стоку надходить в північно-західну частину моря. Порівняно багато річкової води отримує море уздовж Кавказьких берегів.

Паводок річок припадає на весну, тому в названий сезон в Чорне море надходить найбільша кількість прісної води. Восени відзначається мінімальний стік. Крім сезонних відмінностей, материковому стоку властивий і міжрічний хід. Він визначається мінливістю, від року до року, стоку найбільш водоносній річки – Дунаю.

Хороший прогрів поверхні Чорного моря обумовлює високу середню температуру (8,9 °С) води в ньому. Взимку найбільш значні зміни температури від місця до місця відбуваються в мілководній північно-західному районі. У найхолоднішому місяці (лютому) вона змінюється тут від - 0,5 – 1,0 °С біля берегів і до + 7 °С у відкритій частині. В області великих глибин температура води на поверхні в цей час року дорівнює 7 – 8 °С, а в південно-східній частині 8,5 °С.

Влітку відбувається подальше підвищення температури поверхневого шару води по всій площі до 25 – 26 °С. Разом з тим порушується весняна одноманітність температури. На карті видно, що вона підвищується з північного-заходу на південний-схід (рис. 1.1). Це збільшення не таке значне, як взимку, і відбувається воно більш плавно.

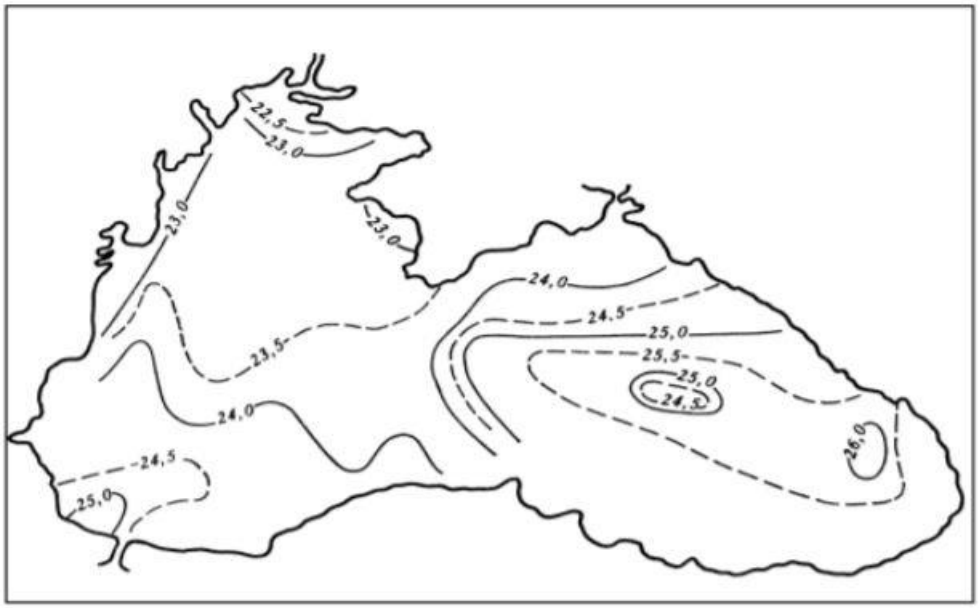

Рис. 1.1 Розподіл температури води на поверхні Чорного моря влітку.

Розподіл температури води по вертикалі для більшої частини року характеризується її найбільшими величинами на поверхні, деяким зниженням до горизонтів 60 – 75 м, звідки вона дуже повільно підвищується з глибиною і у дна на глибинах 2000 м досягає 9,2 °С, що пояснюється геотермічним припливом тепла від дна. На горизонтах 75 – 100 м розташовується холодний проміжний шар, вода якого протягом усього року зазвичай має температуру 7 – 8 °С у відкритих районах моря. Сезонні зміни температури води проявляються до горизонтів 150 – 200 м, однак найбільш чітко вони виражені у верхньому 50 – 60 метровому шарі, а їх ступінь в чому залежить від особливостей атмосферних процесів над морем.

Великий річковий стік і надходження солоних Мармурових вод обумовлюють досить високу (21,90 ‰) середню солоність Чорного моря. Однак солоність на його поверхні в середньому майже вдвічі менше солоності поверхневих вод Світового океану. В даний час склалась відносна сталість сольового бюджету Чорного моря, що пояснюється збалансованими величинами надходження солей з нижньої течії Босфору і річковим стоком і їх виносу верхньою босфорською течією.

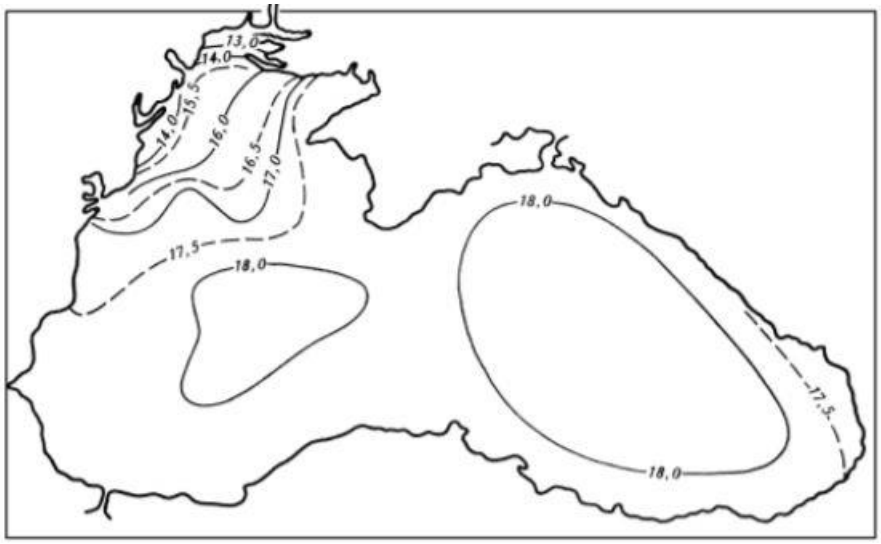

Рис. 1.2 Розподіл солоності на поверхні Чорного моря влітку.

Як видно з карти (рис. 1.2), розподіл солоності на поверхні моря характеризується її незначним (від 17,5 до 18,3 ‰) збільшенням з північного заходу на південний-схід. Це пояснюється вже згадуваним впливом річок, що впадають в північно-західну частину моря. Знижена до 5 – 10 ‰ солоність спостерігається також у вузькій прибережній смузі, поблизу гирл великих річок. Невелике опріснення у Керченської протоки і біля східного берега Криму викликано проникненням сюди менш солоних вод Азовського моря. Величини поверхневої солоності змінюються по сезонах, що найбільш чітко проявляється в районах з низькою солоністю. Взимку солоність трохи підвищена у зв'язку зі зменшенням припливу річкових вод в море, в північно-західній частині якого її збільшення сприяє збільшенню солоності при льодоутворенні. Влітку значний річковий стік і надходження азовської води підтримують розпріснення, а морські течії поширюють його на східному і південно-західному березі Криму.

Солоність збільшується з глибиною у відкритій частині моря від значень 17 – 18 ‰ на поверхні до 22,5 ‰ у дна. Важлива особливість розподілу солоності по вертикалі – існування постійного в часі галокліна між горизонтами 100 – 150 м, в якому вона збільшується від 18,5 до 21,0 ‰. Значні відмінності величин солоності на різних горизонтах пояснюються розпріснюючим впливом річкового стоку, надходженням в глибинні шари моря солоних (34 – 35 ‰) Мармурових вод та особливостями загальної циркуляції вод Чорного моря. Помітні сезонні зміни солоності простежуються до горизонту 150 м в західній частині моря і до 100 – 120 м у східній. Глибше вертикальний хід солоності однаковий по всьому морю.

Температура і солоність визначають величини і розподіл густини вод Чорного моря. У відкритих районах вона дещо більше, ніж в прибережній зоні. Взимку і восени вода на поверхні моря більш щільна в порівнянні з весною і влітку. Густина збільшується з глибиною. Лише біля самого дна під впливом деякого нагрівання води за рахунок геотермічного теплового потоку, 11 густина придонного шару води може бути дещо менше, ніж шарів, що лежать над ним. Восени при порівняно слабкому розшаруванні поверхневих і нижче лежачих вод сильні тривалі вітри перемішують води від поверхні до горизонтів 15 – 20 м. Подальше поглиблення верхнього однорідного шару протягом пізньої осені відбувається за рахунок спільного конвективно - вітрового перемішування. Навесні і влітку розпріснення річковим стоком поверхневі води підстеляють більш солоні води, що створює стійку стратифікацію. Слабкі вітри цих сезонів перемішують тільки верхній 5 – 10 метровий шар, в якому спостерігається майже однорідний розподіл характеристик по вертикалі.

У Чорному морі, за винятком районів льодоутворення, розвиток конвективного перемішування в основному визначається температурою найбільшої густини води даної солоності. У зв'язку з цим конвекцію в морі викликають осіннє охолодження вод та їх весняний прогрів до зазначеної температури. Осінній процес виражений значно яскравіше, ніж весняний, але і в холодні сезони температура води на поверхні у відкритих районах зазвичай не буває нижче 6 – 7 °С, тому тут розвивається тільки термічна стадія перемішування. Лише в зоні льодоутворення має місце термохалінна конвекція. Глибина поширення зимової вертикальної циркуляції в центральній частині моря в середньому дорівнює 30 – 40 м. Залежно від характеру течій вона може змінюватися. Так, в області основного струменя течії конвекція проникає до 60 – 70 м, що пов'язано з опусканням вод, викликаним динамічними причинами. У прибережній зоні перемішування досягає 140 – 160 м. Збільшення глибини розповсюдження конвекції в південно-східній частині моря пов'язано з антициклональним кругообігом вод. На кордоні шельфової зони в західному і північно-західному районах моря перемішування поширюється до горизонтів 170 – 175 м за рахунок сповзання по схилах вод, охолоджених на північно-західному мілководді, де конвекція проникає до дна. Дані об'ємного статистичного аналізу дозволяють виділити в море чотири водні маси.

Поверхнева (верхня) займає 4,2 % обсягу чорноморських вод і поширена від поверхні до горизонтів 60 – 70 м в центральній частині моря, до 100 – 125 м (місцями до 200 м) біля берегів і в прибережній зоні. Температура цієї водної маси на поверхні змінюється від 5 – 6 °С взимку,

до 24 – 26 °С влітку, на нижній межі вона протягом року дорівнює 7,5 – 8,0 °С. Річний хід солоності укладений в межах 17,5 – 18,6 ‰.

Прибережна водна маса займає близько 0,2 % обсягу вод Чорного моря. Її ареал обмежує ізохаліна 17 ‰. Вона охоплює значні простори в західній частині моря і поширюється лише на 20 – 30 миль від берега в Прикерченському районі Чорного моря, де ця водна маса утворюється в результаті змішування місцевих і азовських вод.

Проміжна водна маса – найбільша за обсягом води (50,2 %), залягає між горизонтами 100 – 150 і 800 – 1000 м. Її верхньою межею служить шар великих градієнтів густини, часто має куполоподібну форму. Тут спостерігається температура 7,5 – 8,9 °С і солоність 18,1 – 22,2 ‰. У зоні переходу від верхньої водної маси до проміжної зустрічається одночасно кисень і сірководень.

Глибинна водна маса дещо поступається за обсягом проміжній (45,0 %) і охоплює весь шар води від горизонту 1000 м і до дна. Для неї характерні температура 8,9 – 9,2 °С і солоність 22,2 – 22,3 ‰. Вміст сірководню значно збільшується з глибиною. Судячи з термохалінних характеристик на нижніх горизонтах проміжної і верхніх горизонтах глибинної водної маси (800 – 1000 м) помітної межі між ними фактично не виявляється. Більш правильно вважати, що між горизонтами 150 – 200 м і 1500 м (верхня межа шару придонної конвекції) розташовується глибинна вода, а від 1500 м і до дна - придонна водна маса. Цей підрозділ добре узгоджується з динамічними процесами в Чорному морі.

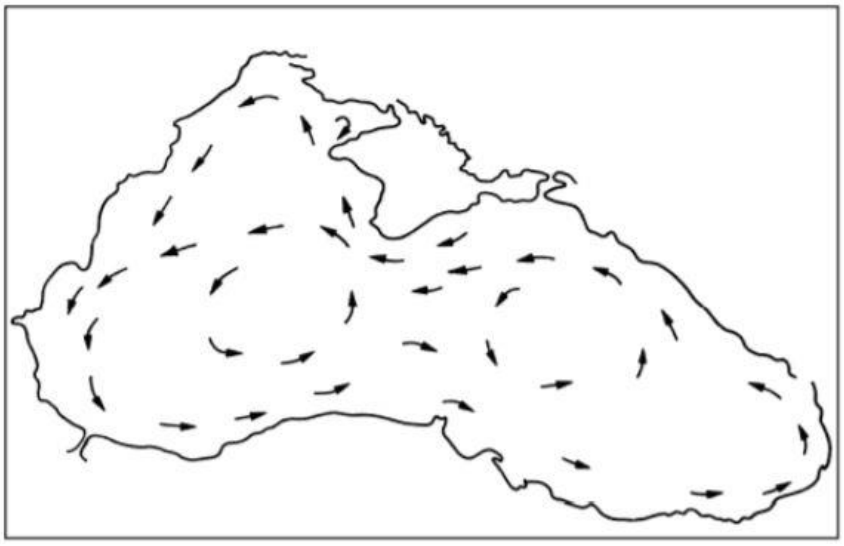

Рис. 1.3 Течії на поверхні Чорного моря

Узагальнена схема течій в поверхневому шарі Чорного моря наведена на рис. 1.3. На ньому видно циклонічну течію, яка оперізує все

море поблизу берегів. Всередині цього кільця простежуються циклонічні кругообіги зі швидкостями течій до 10 см·с$^{-1}$ в центральних і до 25 см·с$^{-1}$ в периферійних областях.

На більш глибоких горизонтах (150 – 500 м) циркуляція в загальному схожа з поверхневою. Великі швидкості течій тут спостерігаються в Прибосфорським, Сухумському районах і у м. Сарич. Найбільші середні швидкості течій відзначені на горизонті 150 м. У шарі 700 – 1600 м напрямки течій зазвичай узгоджуються з напрямками у вище розташованих горизонтах. Лише в Прибосфорському районі глибинні течії слідують рельєфу дна. Їх швидкість дорівнює 6 – 7 см·с$^{-1}$. Вимірювання придонних швидкостей в районах моря показали, що їх швидкості зменшуються з віддаленням від материкового схилу, а товщина рухомого придонного шару збільшується від 2,5 – 3,0 до 5,0 м відповідно на відстані 20 і 100 км від берега. Швидкості 13 придонних течій можуть досягати 300 см·с$^{-1}$ (розріз м. Бафра – Сочі). Отже, горизонтальна циркуляція в Чорному морі добре помітна від поверхні до дна.

Вертикальні рухи вод в ньому навпроти виражені слабо в зв'язку з їх перешарованими по густині. Оцінки швидкостей вертикальних струмів в залежності від інтенсивності квазістаціонарних вихорів показали, що в зонах сильних вихорів швидкість дорівнює $5 \cdot 10^{-3}$ см·с$^{-1}$, а в зонах слабких вихорів - $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ см·с$^{-1}$. В умовах Чорного моря зони конвергенції виражені слабо. Їх ознаки проявляються в суміжних районах циклонічних кругообігів, де відбувається сходження або розбіжність течій.

Своєрідними фронтальними зонами слугують області зіткнення річкових і морських вод. Видиму межу між ними створює відмінність в кольорі кожної з цих вод. Найбільш яскраві фронтальні зони спостерігаються в північно-західній частині моря і у Кавказьких берегів, де зосереджений значний річковий стік.

Відповідно до обрисів моря, типовими полями вітру над ним, сильне хвилювання найбільш часто розвивається в північно-західній, північно-східній і центральній частинах моря. Залежно від швидкості вітру і довжини розгону в морі переважають хвилі заввишки 1 – 3 м. У відкритих районах максимальні висоти хвиль забезпеченістю 5 % досягають 11 м, а при дуже сильних штормах вони можуть і перевищувати цю величину. Південний-захід і південний-схід моря – найбільш спокійні райони, де сильне хвилювання спостерігається рідко і хвилі заввишки більше 3 м майже не утворюються. Прибережній зоні властиві хвилі дрібного моря.

Рівень моря зазнає сезонні коливання. Зазвичай більш високе стояння рівня спостерігається в травні – липні, а його зниження у жовтні –

листопаді, а в деяких місцях в січні – лютому. Різниця між літнім і зимовим положеннями рівня дорівнює 30–40 см. Ці коливання створюються в основному за рахунок неоднакового від сезону до сезону надходження річкових вод в море, тому вони найбільш чітко виражені в районах впливу материкового стоку.

Значні за величиною неперіодичні зміни рівня викликають згони та нагони, поява яких пов'язана з певним розвитком атмосферних процесів в межах природного синоптичного періоду, тривалістю зазвичай 4 – 8 діб. Згінно-нагінні коливання рівня неоднакові в різних районах моря і в різні сезони. На заході найбільші нагони викликають північно-східні та східно-північно-східні вітри, а на північному-заході – південно-східні. До найбільш сильних згонів на заході та північному-заході призводять західно-північно-західні та північно-західні вітри. У Кавказьких берегів вітри одних і тих же напрямків можуть викликати або згінні зниження, або нагінні підвищення рівня залежно від місцевих особливостей узбережжя.

Найбільші за величиною згінно-нагінні коливання рівня (більше 30 см) спостерігаються в жовтні – лютому в західному і північно-західному районах моря. У коливаннях рівня Чорного моря помітно виражені сейши з періодами від декількох хвилин до 1 – 2 год і з амплітудами зазвичай до 40 – 50 см та дещо більше. Сейши малих (2 – 3 хв) періодів і амплітуд утворюються в 14 основному при хвилюванні у відкритому морі та при трансформації великих хвиль в прибережній зоні. Сейши зі значними періодами і амплітудами виникають при різких коливаннях атмосферного тиску і при проходженні циклонів.

Чорне море широко використовується в господарському житті країни. Насамперед воно служить важливою транспортною магістраллю, по якій здійснюються великі за обсягом вантажні та пасажирські перевезення. Чорноморські порти обслуговують численні міжнародні та внутрішньодержавні лінії морського транспорту. Другий з економічної значущості напрям – рекреаційне використання чорноморського узбережжя. Порівняно скромне місце в останні роки займає рибальство. Однак чорноморські рибогосподарські підприємства ведуть океанічний промисел, що обумовлює їх загальнодержавне значення. Істотну роль на сучасному етапі грає видобуток нерибних об'єктів – молюсків та водоростей. І намічається широкий розвиток марикультури в різних районах узбережжя Чорного моря.

Подальше господарське освоєння Чорного моря вимагає розвитку досліджень його природних умов. За останні роки у вивченні Чорного моря зроблені чималі успіхи. Однак ще залишилися та з'явилися нові

важливі дослідницькі проблеми. В якості прикладів найбільш істотних з них можна привести вивчення механізму формування вертикальної структури моря і її різновидів, роль динамічних і термохалінних процесів у ньому, з'ясування просторово-часової мінливості характеристик різних масштабів, дослідження динаміки прибережної зони, вирішення питання про походження сірководню в морі та ін. Разом з вирішенням таких великих, але приватних проблем в даний час стоїть актуальне завдання – створення природно-економічної моделі Чорного моря, яку можна розглядати як складну природну систему з багатьма прямими і зворотними зв'язками та взаємодією з господарською діяльністю людей. Така узагальнена модель дозволить дати науково обґрунтовані рекомендації для подальших досліджень та ефективного господарського використання Чорного моря [1].

Цареградське гирло – вузька суднохідна, штучно поглиблена протока, що з’єднує Дністровський лиман і Чорне море. Середня глибина протоки сягає 10 м. Середня глибина на порозі, що відокремлює лиман від протоки становить 6 м. Дно тут різко опускається до моря. Глибока улоговина, вирита потоком з гирла, простежується на відстані до 0,5 км від нього в бік моря, після чого глибина зменшуються.

Своєрідний рельєф вузької та невеликої за довжиною протоки, що виражається різким перепадом глибин у міру просування від лиману до моря, стрімкими береговими схилами, виробленими земленасосами, створює специфічну картину водообміну – зокрема в протоці майже немає поперечних течій та, як правило, лиманний або морський потік від поверхні до дна випрямлені за напрямком його осі (азимут 315 – 135°), незалежно від первинного напрямку течії [12].

Дністровський лиман розташований у північно-західній частині 15 Чорного моря, у межах Одеської області (між Овідіопольським та Білгород-Дністровським районом).

Дністровський лиман являє собою розширену долину р. Дністер, витягнуту з північного-заходу на південний-схід. Площа водного дзеркала лиману 377 км2 , об'єм 0,54 км3 , середня глибина 1,5 м, довжина по осьовій лінії 43 км, ширина 4,2 – 12,0 км. У деяких варіантах гідрологічних оцінок і розрахунків, у тому числі воднобалансових, за акваторію лиману приймають і зайняті водною рослинністю мілководдя (131,1 км2), в яких міститься при середньому рівні у водоймі близько 0,193 км3 води. У цих випадках вважається, що площа лиману становить 508 км2 , а обсяг – 0,733 км3 .

Розподіл глибин в Дністровському лимані однорідний, вони плавно зменшуються з північного-заходу на південний-схід. Найбільші глибини знаходяться в північній частині водойми, причому ізобата 2 м проходить досить близько від берега. У центральній частині лиману знаходиться широка смуга піщаної мілини, максимальні глибини тут не перевищують 1,5 м. Локальне збільшення глибин має місце в самому гирлі лиману в районі протоки, що з'єднує лиман з морем (до 6 м).

На збільшення притоку морських вод впливає суднохідний канал, який періодично поглиблюють, тому солоність лиману в південній його частині може змінюватись від 0,5 до 15 ‰ за декілька годин, що пов’язано зі зміною вітру та течії. В середній частині солоність може змінюватися в достатньо широких межах - 0,4 – 14,8 ‰. Відносно стабільна солоність тільки в вершині лиману від 0,48 до 1,23 ‰.

Рівневий режим Дністровського лиману визначається взаємодією ряду факторів, основними з яких є вітрові згінно-нагінні явища, приплив річкових вод та водообмін з морем. Середні багаторічні значення оцінок рівня води у водоймі практично однакові на різних його ділянках – у середній частині водойми вона всього лише на 2 см вище, ніж в районі протоки. Протягом року хід рівня характеризується незначним підйомом з листопада по червень та плавним спадом в літньо – осінній період. Короткочасні коливання рівня води в лимані є результатом сумарного ефекту різних видів його періодичних і неперіодичних змін, серед яких найбільше значення мають вітрові денівеляції. Згінно-нагінні коливання, що перевищують 40 см, в 65 % випадків являють собою згінні пониження і лише в 35 % – нагінні підвищення рівня. Інтенсивність росту (падіння) рівня води досягає 30 см·год-1, і відбувається це за короткі проміжки часу (1 – 8 год.). Причому швидкість спаду рівня більше, ніж швидкість його підйому.

Через незначні глибини лиману мінливість напрямку і швидкості вітру швидко позначається на зміні фаз коливань рівня та їх інтенсивності.

Тепловий режим лиману визначається, в першу чергу, погодними умовами. Вони створюють загальний фон температури води, її внутрішньорічний режим. До другого по значущості фактору формування теплових полів всіх відкритих лиманів слід віднести теплообмін з морем. Його вплив особливо помітно в південних, прилеглих до моря ділянках, а також у центральних районах. У весняний період водообмін з морем створює 16 знижений фон температур на зазначених ділянках, восени тут проявляється вплив моря.

Лиман мілководний, і тому вода в ньому порівняно швидко нагрівається і так само швидко охолоджується. У зв'язку з цим внутрішньорічний хід температури води в основному слідує за ходом температури повітря.

Коливання температури води протягом року дуже великі: взимку температура складає від 0 °С до 4 °С (на дні), а максимально літні температури 27 – 30 °С. Більше всього вода прогрівається в Карагольській та Овідіопольській затоках, менше всього – в південній частині лиману через водообмін з морем.

Льодостав триває в середньому 52 дні, але в окремі зими може замерзати, не довше, ніж на місяць. Товщина льоду не перевищує 16 – 18 см. Клімат помірно континентальний з короткою теплою зимою і довгим спекотним літом. Річна кількість опадів – 300 – 400 мм, випаровування – 800 – 900 мм [13].

Порт Южний розташовано в Григорівському лимані, який відноситься до числа порівняно не великих приморських водоймищ [14], який розташований за 30 км. на сході від Одеси.

Довжина лиману близько 7,3 км, ширина - до 1,2 км (середня ширина близько 0,8 км), площа водного дзеркала близько 6,0 км2 . Загальна протяжність берегової лінії лиману разом з пересипом, який відокремлює лиман від моря і дамбою з дорогою, розташованою у верхній частині, становить близько 14 км. Довжина східного більш низького і пологого берега близько 7 км, а західного більш високого і крутого - близько 5 км. В даний час Григорівський лиман являє собою штучно відкриту водойму. Виник Григорівський лиман в результаті затоплення морем гирла річки малий Аджалик і утворення пересипу відокремили його від моря. Геологічна історія лиману пов'язана з процесами коливання рівня моря в регіоні. У II - III ст. н. е. почалося повільне підвищення рівня моря, (що триває досі) і визначило сучасні розміри і вигляд водойми. Глибина врізу лиману в корінні відкладення 36 м.

Гідрохімічний режим Григорівський лиман до розкриття піщаного 15 пересипу в 1971р., належав до групи малих лиманів північного Причорномор'я закритого типу. Зв'язок лиману з морем здійснювалася через спеціально прориті для рибогосподарських цілей канали. Гідрохімічний режим в цей період формувався за рахунок виключно природних факторів - материкового стоку, атмосферних опадів та випаровування. Внутрішньорічний хід солоності був протилежний ходу рівня. Після розкриття пересипу та утворення протоки шириною близько 500 м, будівництва в 1978р. судноплавного каналу і днопоглиблювальних

робіт по влаштуванню причалів порту Южний і Одеського припортового заводу, лиман перетворився на морську затоку з своєрідним гідролого-гідрохімічним режимом. Морфометричні особливості лиману - відносно невеликі розміри, орієнтація з півночі на південь, вітровий режим та відкритий водообмін з морем через судноплавний канал, об'єм води, в якому становить близько 2/3 частини обсягу вод лиману, стали причиною різкої мінливості його гідролого-гідрохімічних умов.

У сучасних умовах основну роль у формуванні режиму течій і рівня лиману грає вітер. Вітри північного та південного напрямків, орієнтовані по осі лиману і мають найбільшу повторюваність протягом року, призводять до виникнення дрейфових та компенсаційних течій, до швидкої зміни гідрологічних умов.

Так, внутрішньорічної хід температури поверхневого горизонту лиману показує, що максимум припадає на серпень (пік літнього гідрологічного сезону), а мінімум на лютий (пік зимового) і збігається зі середньобагаторічним внутрішньорічні ходом температури в цьому районі моря. Мінімальна температура встановлюється в лютому при повній вертикальної однорідності водної маси. Максимальні вертикальні градієнти температури і солоності відзначають навесні і на початку літа, а в результаті осіннього охолодження і конвективного перемішування вод відбувається вирівнювання температури і солоності по вертикалі.

Внутрішньорічної хід солоності води поверхневого шару лиману в цілому відповідає ходу солоності прилеглої акваторії. Мінімальні значення солоності (6 - 7‰) в поверхневому горизонті лиману відзначають навесні. Це пов'язано з надходженням трансформованих вод з Дніпровсько-Бузького лиману в період повені. Максимальні значення солоності в поверхневому горизонті -15 - 16‰ відзначають восени та взимку, а також влітку після згону вітрів північних румбів. У меншій мірі на мінливість солоності в поверхневому горизонті мають опади та випаровування. Розподілу солоності в придонному горизонті лиману, особливо його глибоководної частини, характеризується слабкою сезонною мінливістю та високими значеннями солоності - 16 - 18‰. Більшу частину року в лимані відзначають двошарову структуру вод зі значними вертикальними градієнтами температури і солоності, що формують термо- і галокліна. Це пов'язано з надходженням в лиман трансформованих вод з Дніпровсько-Бузького лиману з малою солоністю. Ці води, як правило, займають поверхневий (3 - 5 м) шар лиману. У придонний горизонт, через судноплавний канал, надходять солоні води відкритої частині північно-західного шельфу Чорного моря. В результаті осіннього охолодження та

перемішування вод відбувається вирівнювання розподілу солоності по вертикалі. Гідрохімічний режим лиману в цілому схожий з режимом прилеглої до лиману акваторії Чорного моря.

На фоні глобального потепління клімату, що супроводжується найбільшим за минуле століття темпом зростання глобальної температури та рекордними значеннями її позитивної аномалії, відбулася зміна кліматичних умов в Європейському регіоні за рахунок зміни великомасштабної циркуляції атмосфери, що, в свою чергу, викликало зміну регіональної циркуляції [15].

У відповідності з дослідженнями Міжурядової групи експертів щодо змін клімату, яка була заснована в 1988 році Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) та Програмою Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища, глобальна середня приземна температура підвищилась на протязі XX століття приблизно на 0,6 ± 0,2 ºС [16].

Глобальна середня приземна температура в період після 1861 р. безперервно підвищувалася. Зареєстровані дані демонструють наявність значної мінливості. Потепління у XX столітті відбувалося більшою частиною на протязі двох періодів: з 1940 по 1945 рр. і з 1976 по 2000 рр.

Глобальні зміни клімату виявляються не тільки в зростанні середньої температури, але, перш за все, в зростанні числа і потужності окремих явищ і як наслідок, коливання клімату – погоди в межах усіх часових і просторових масштабів, які варіюють від коротких жорстких штормів до явищ типа Ель - Ніньо, посух, вікових коливань температури поверхні океану, площі льодового покриву, рівня океану а також поступової зміни гідрометеорологічних (гідрологічних) умов в цілому [17].

Зрозуміло, що прояв кліматичних змін для кожного регіону має свій характер і тенденції, які пов'язані з його особливостями. Як відмічалося у висновках Середземноморської наукової комісії (CIESM), найбільш помітні зміни режимних характеристик скоріш за все будуть відбуватися в «чутливих» системах – напівзамкнених мілководних акваторіях і специфічних морських екосистемах, наприклад, таких морів як Середземне і Чорне.

Обмежений водообмін Чорного моря з відкритими морями і невелика товщина (100-150 м) діяльного шару (насиченого киснем), пов'язана з існуванням різкого пікноклину, який блокує вертикальне перемішування і надходження кисню в глибинний шар, все це робить екосистему Чорного моря надзвичайно чутливою до кліматичних змін та антропогенному впливу.

В процесі регіональних змін клімату змінюються умови та характеристики вертикального обміну, горизонтального циркуляційного режиму, структури проміжних вод, змінюється просторово-часова структура полів температури і солоності, режим стоку річок і прісний баланс в цілому а також і рівень моря.

Термохалінний режим Чорного моря в цілому формується в результаті складної взаємодії безперервно змінюваних великомасштабних та дрібномасштабних гідрометеорологічних процесів, що протікають за межами і всередині самого моря. Суттєву роль відіграють географічне положення і особливості морфометрії моря. Зовнішній та внутрішній волого-, тепло-, і сольовий обіги, що визначаються співвідношенням складових водного, теплового і сольового балансу, циркуляція повітряних і водних мас створюють характерні особливості значної просторово – часової мінливості солоності і температури вод, і, в першу чергу, це стосується північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ). Цей район моря являє собою велику мілководну шельфову зону, гідрологічний і гідрохімічний режими якої формується, в основному, під впливом річкового стоку Дунаю, Дніпра, Дністра та Південного Бугу. Головною особливістю усієї ПЗЧМ є значна короткочасна та сезонна мінливість гідрологічного режиму, пов’язана з географічним положенням, морфометрією, кліматичними умовами, значним надходженням річкових вод та систематичним розвитком процесів згону та нагону.

2 МАТЕРІАЛИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА МЕТОДИ ЇХ ОБРОБКИ

Для виконання кваліфікаційної роботи використовувалися дані спостережень за температурою води на станції Южний з 1984 по 2011рр. а на станції Цареградське гирло - за період 1986 – 2010 рр. Строкові, максимальні та мінімальні за місяць і середньомісячні дані містяться в таблицях ТГМ для відповідної станції.

Для оцінки сезонної мінливості були використані дані по середньомісячним значенням температури води на станціях. Для кожного місяця за період спостережень розраховувалися статистичні характеристики: середнє, максимальне, мінімальне, розмах коливань і середньоквадратичне відхилення (СКВ). За середніми, максимальними і мінімальними значеннями був побудований сезонний хід для кожної з

характеристик. Був проведений аналіз отриманих результатів і проводився аналіз розрахункових характеристик з багаторічними нормами [2].

Для між річної мінливості, використовувалися середньорічні значення. Ці значення були представлені у вигляді графіка, який ілюструє між річну мінливість за досліджуваний період.

Для оцінки короткочасної мінливості використовувались максимальні та мінімальні строкові дані за місяць.

Для визначення кількісних оцінок мінливості температури води використовувались стандартні методи статистичної обробки рядів спостережень - програма SPSS(Statistical Packagefor the Social Sciences) [18].

Використовувався ретроспективний і порівняльний аналіз особистих досліджень з приведеними в літературних джерелах даних.

3 МІНЛИВІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ НА СТАНЦІЇ ЦАРЕГРАДСЬКЕ ГИРЛО

Температура води належить до числа найважливіших елементів гідрологічного режиму будь-якого моря. Температурні контрасти поверхневого шару моря дозволяють ідентифікувати наслідки згінно - нагінних процесів в прибережній зоні, вихрові динамічні структури і струменеві течії за допомогою дистанційних супутникових вимірювань. Температура води є фактором рекреаційного використання прибережної зони Чорного моря. Вона відіграє важливу роль у репродуктивному циклі рибних популяцій, тому широко використовується при рибопромислових дослідженнях.

Температура води в прибережній зоні Чорного моря визначається кліматичними умовами, радіаційним балансом на морській поверхні, конвективним теплообміном поверхневих шарів води з атмосферою і глибинними шарами, адвекцією вод морськими течіями, процесами турбулентного перемішування і згінно-нагінною циркуляцією біля берегів. У річному ході балансу тепла в поверхневому шарі Чорного моря домінують процеси вертикального перерозподілу тепла і теплообмін через поверхню моря.

Особливості температурного режиму прибережних вод залежать від географічного положення окремих районів, орієнтації і морфології берегів, батиметрії шельфової зони, а також умов водообміну, на які впливають не тільки глибини, але і локальні особливості вітрового режиму, наявність або відсутність річкового стоку, ступінь впливу Основної Чорноморської течії. На температуру води у північно-західній частині Чорного моря впливає: розташування (саме північне по відношенню до інших районах моря), мілководність прибережної зони, стік річок Дунаю, Дністра, Дніпра і Південного Бугу, згінно-нагінні явища і водообмін з глибоководними районами моря [1, 2].

3.1 Сезонна мінливість температури води на станції Цареградське гирло

За даними середніх місячних значень температури води за досліджуваний період (1986-2010рр.) розраховувались середні, максимальні і мінімальні значення температури, а також такі величини, як

розмах і значення середнього квадратичного відхилення, які характеризують мінливість температури в кожному місяці року. Результати розрахунків представлено в табл. 3.1 і на рис. 3.1.

Табл. 3.1 Статистичні характеристики для середньомісячної температури води на станції Цареградське гирло за 1986-2010 рр.

Місяць Характ.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за рік
T ср.	0,9	1,2	4,7	11,6	18,3	22,4	24,5	24,0	18,7	12,9	6,4	2,0	12,3
T max	3,5	3,7	8,0	13,1	21,2	24,9	27,1	26,9	22,8	14,4	10,3	4,9	15,1
T min	0,0	0,0	0,0	6,1	15,7	20,2	21,7	20,9	17,1	10,8	2,0	0,1	9,6
Розмах	3,5	3,7	8,0	7,0	5,5	4,7	5,4	6,0	5,7	3,6	8,3	4,8	
СКВ	1,8	1,2	2,2	1,7	1,4	1,4	1,2	1,2	1,1	1,0	1,9	1,4	

За середніми, максимальними і мінімальними значеннями середньомісячної температури води були побудовані криві сезонного ходу температури води (рис. 3.1).

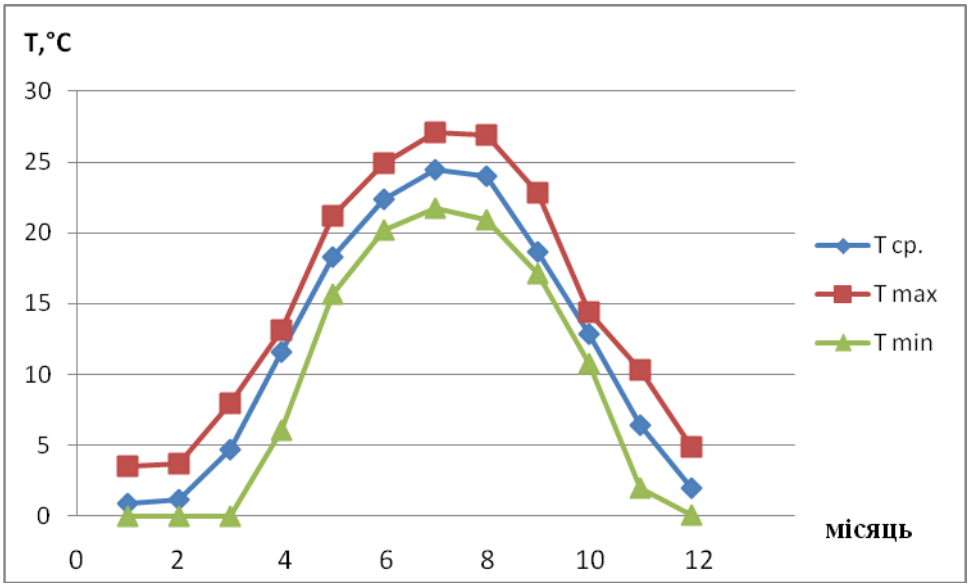

Рис. 3.1 Криві сезонного ходу середньомісячної, максимальної і мінімальної температури води на станції Цареградське гирло за 1986-2010 рр.

На графіку можна бачити, що найнижча температура води спостерігаються в зимові місяці – в січні (0,86 °С), лютому (1,22 °С) і грудні (1,95 °С), що узгоджується з мінімумом температури повітря взимку. В кінці березня – початку квітня температура води швидко

підвищується і досягає максимуму в червні – серпні, коли середньомісячні температури досягають 22 – 25 °С. Розмах сезонних коливань в середньо багаторічних значень температури води становить 23,6 °С – з мінімумом у січні (0,86 °С) і максимумом у липні (24,47 °С).

По кривій максимальних значень середньомісячної температури води видно, що мінімальне значення (3,5 – 3,7 °С) температури спостерігаються в січні і лютому, максимальні значення спостерігаються в липні (27,1°С). Розмах сезонних коливань в період з січня по липень становить 23,6 °С.

По кривій мінімальних значень середньомісячної температури води можна сказати, що мінімум спостерігався з січня по березень (становив 0 °С), максимум спостерігався в липні (21,7 °С). Розмах з січня по липень становить 21,7 °С.

Середня річна температура води на станції Цареградське гирло за досліджуваний період становить 12,3ºС. Впродовж року температура води демонструє добре виражений сезонний хід, обумовлений сезонним ходом сонячної радіації і температури повітря: максимум температури води досягається в липні і становить 24,5ºС, а мінімум – в січні, з температурою, що дорівнює 0,9ºС. Амплітуда сезонних коливань за середніми багаторічними значеннями становить 23,6 °С .

Від року до року температура води відчуває певну мінливість, що можна побачити з аналізу максимальних та мінімальних середніх місячних значень, а також значень розмаху температури для кожного окремого місяця. За максимальними середніми місячними значеннями температура води в липні досягає 27,1°С, а в січні становить 3,5°С. За мінімальними середніми місячними значеннями температури води в липні становить 21,7°С, а в зимові місяці (січень - березень) дорівнює всього 0°С. Амплітуди сезонного ходу за максимальними і мінімальними значеннями дорівнюють 23,5ºС і 21.7°С відповідно. Найбільші значення розмаху коливань середньої місячної температури води (7-8ºС) і середні квадратичні відхилення (1.7- 2,2ºС) спостерігаються в березні-квітні і в листопаді, тобто в перехідні сезони року.

3.2 Між річна мінливість температури води на станції Цареградське Гирло

Для аналізу між річної мінливості температури води використовувались як середні місячні, так і середні річні дані за кожен рік досліджуваного періоду.

На рис. 3.2 представлений графік, який ілюструє між річну мінливість середньорічних значень температури води на станції Цареградське гирло і лінія тренда

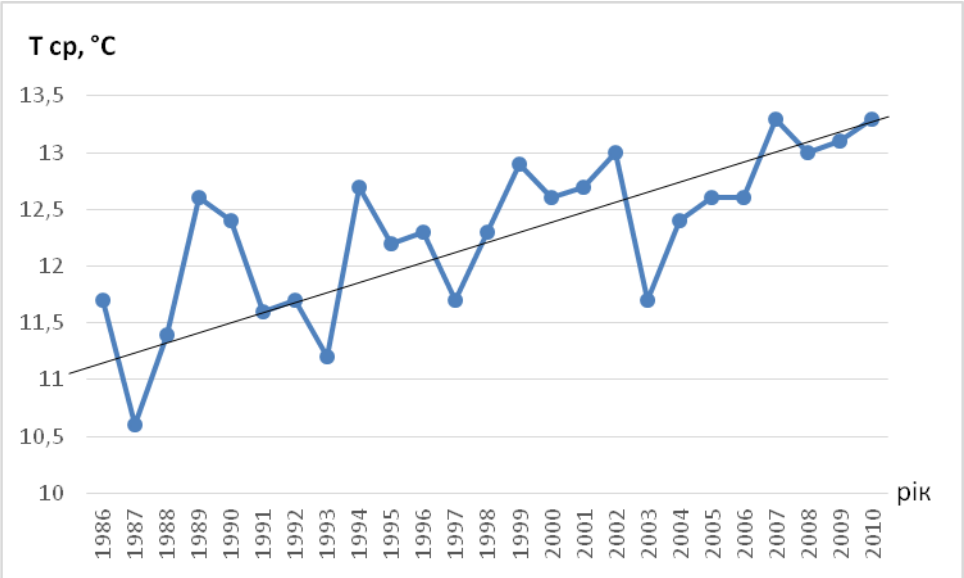

Рис. 3.2 Між річні коливання середньорічних значень температури води

З графіка видно, що за період 1986 – 2010 рр. в багаторічних змінах температури води спостерігається позитивний тренд, тобто підвищення температури води на станції Цареградське гирло. Кутовий коефіцієнт лінії тренду дорівнює 0,08, а загальне підвищення температури води за досліджуваний період склало 1,9°С. При довжині ряду 25 років, значущість тренду при коефіцієнті детермінації $R^2 > 0,25$. За середніми річними даними коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,51$, тобто тренд е значущим. Розраховувались також характеристики трендів температури води для кожного окремого місяцю року, а результати представлено в табл. 3.2. Результати розрахунків показують, що в усі місяці року також спостерігаються позитивні тренди, але ж не всі коефіцієнти детермінації е значущими. Статистично значущий тренд спостерігається в серпні, а загальне підвищення температури води в цьому місяці склало 2,2°С. Суттєве зростання температури води спостерігалось також в квітні - травні і листопаді-грудні, В січні і лютому температура води підвищилась лише на 0,3-0,4°С.

Зростання температури води за останні роки обумовлено аналогічним підвищенням температури повітря над Чорним морем [10,19].

Табл. 3.2 Характеристики трендів середньомісячної температури води на станції Цареградське гирло

Хар.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за рік
T	0,02	0,02	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	0,1	0,02	0,05	0,09	0,1	0,08
R^2	0,02	0,01	0,06	0,09	0,2	0,17	0,2	0,38*	0,02	0,13	0,11	0,23	0,51*
Δ	0,4	0,3	1,7	1,9	2,1	2,0	1,8	2,2	0,5	1,1	2,0	2,1	1,9

Примітка: T – кутовий коефіцієнт тренду, R^2 – коефіцієнт детермінації, Δ – загальна зміна температури повітря по тренду,
* – значущі тренди.

3.3 Короткочасна мінливість температури води на станції Цареградське гирло

Короткочасні зміни температури води характеризуються тривалістю від декількох годин до декількох діб. Практично в кожен літній сезон в прибережній зоні північно-західній частини Чорного моря можливі різкі зниження температури води. Ці явища більше пов'язані з прибережними апвелінгами, ніж з атмосферними похолоданнями. Прибережні апвелінги обумовлені вздовж береговими вітрами, які супроводжують згін поверхневої води від берега та вихід холодної води з більшої глибини. Згони та нагони спостерігаються також в зимовий період року, їх інтенсивність та повторюваність значно більше, ніж влітку [20,21]. Але ж внаслідок конвективного перемішування та вирівнювання температури води по глибині, зміни температури води зимою менш, ніж літом. Згідно з [15], короткочасна мінливість температури води в північно-західній частині Чорного моря підчас згонів та апвелінгів досягає 5°С - 10°С.

Для оцінки короткочасної мінливості розглядалися екстремальні значення температури води по даним строкових спостережень.
Статистичні характеристики для максимальної та мінімальної температури води для станції Цареградське гирло представлено в табл. 3.3 та табл. 3.4.

З аналізу таблиці 3.3 можна бачити , що впродовж року максимальна строкова температура води змінюється від 28,7°С в липні до 2.9°С в січні, тобто амплітуда сезонного ходу досягає 27,6°С. Якщо аналізувати екстремальні значення за весь ряд спостережень, то можна бачити, що

максимальне значення в окремі роки досягає 31,4ºС, а мінімальне дорівнює 0,2ºС, а амплітуда досягає 31,2ºС. Ці величини перевищують амплітуду сезонного ходу температури за середніми місячними даними, яка дорівнює 23,6ºС.

Табл. 3.3 Статистичні характеристики для максимальної температури води за даними строкових спостережень

Місяць Хар.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T ср	2,9	3,5	9,4	16,8	23,7	27,2	28,7	28,3	23,5	18,2	11,3	5,7
T max	7,4	8,4	13,0	20,8	27,3	30,0	31,4	31,2	26,4	22,4	18,0	10,7
T min	0,2	0,5	1,1	11,9	18,4	25,0	26,5	24,2	20,7	13,7	6,6	0,6
Розмах	7,2	7,9	11,9	8,9	8,9	5,0	4,9	7,0	5,7	8,7	11,4	10,1
СКВ	1,9	2,6	2,5	1,8	2,0	1,3	1,4	1,5	1,7	2,1	2,5	2,7

З аналізу таблиці 3.4 можна бачити , що впродовж року мінімальна строкова температура води змінюється від 20,ºС в липні до 0.0ºС в січні, тобто амплітуда сезонного ходу досягає 20,0ºС. Якщо аналізувати екстремальні значення з мінімальної температури за весь ряд спостережень, то можна бачити, що максимальне значення в окремі роки досягає 24,4ºС , а мінімальне дорівнює -0,4ºС, а амплітуда досягає 24,0ºС.

За середніми, максимальними і мінімальними значеннями максимальної температури води (по даними термінових досліджень) були побудовані криві сезонного ходу температури води (рис. 3.3).

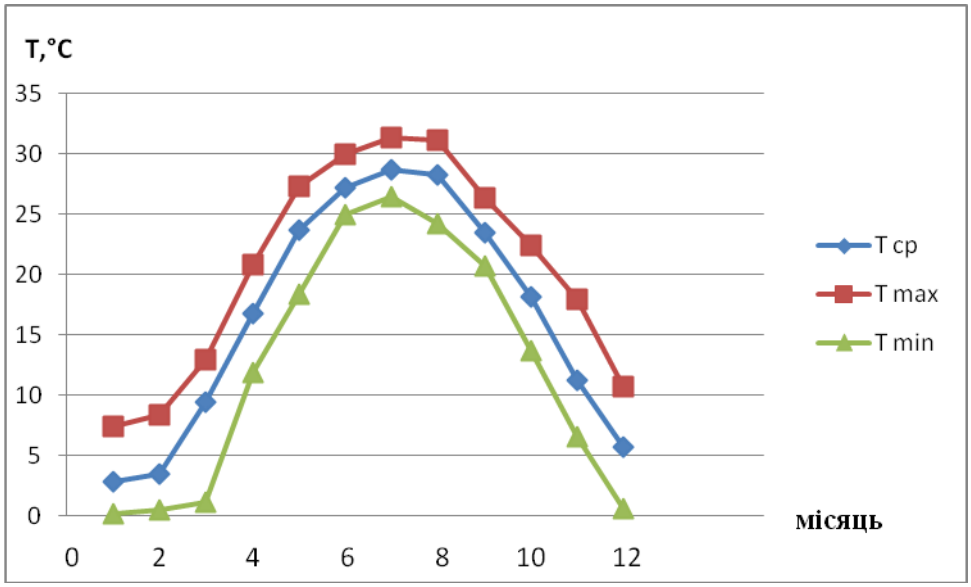

Рис. 3.3 Криві сезонного ходу максимальної температури води (по даним термінових досліджень)

На графіку можна бачити, що мінімальне значення температури 2,9°С спостерігаються в січні, максимальні значення спостерігаються в серпні 23,3 °С. Розмах сезонних коливань в період з січня по серпень становить 25,4 °С.

Табл. 3.4 Статистичні характеристики для мінімальної температури води за даними термінових досліджень

Місяць Хар.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T ср	0,0	0,1	1,1	6,4	13,2	17,2	20,1	18,8	14,2	6,8	2,1	0,0
T max	0,2	1,6	5,1	9,4	16,6	21,5	24,0	21,5	19,8	10,3	9,0	0,3
Tmin	-0,4	-0,3	0,0	0,4	8,6	13,4	15,6	14,7	10,4	2,7	0,0	0,0
Розмах	0,6	1,9	5,1	9,0	8,0	8,1	8,4	6,8	9,4	7,6	9,0	0,3
СКВ	0,1	0,4	1,7	2,1	1,9	2,3	1,8	1,5	2,0	2,1	2,1	0,1

За середніми, максимальними і мінімальними значеннями мінімальної температури води (по даним термінових досліджень) були побудовані криві сезонного ходу температури води (рис. 3.4).

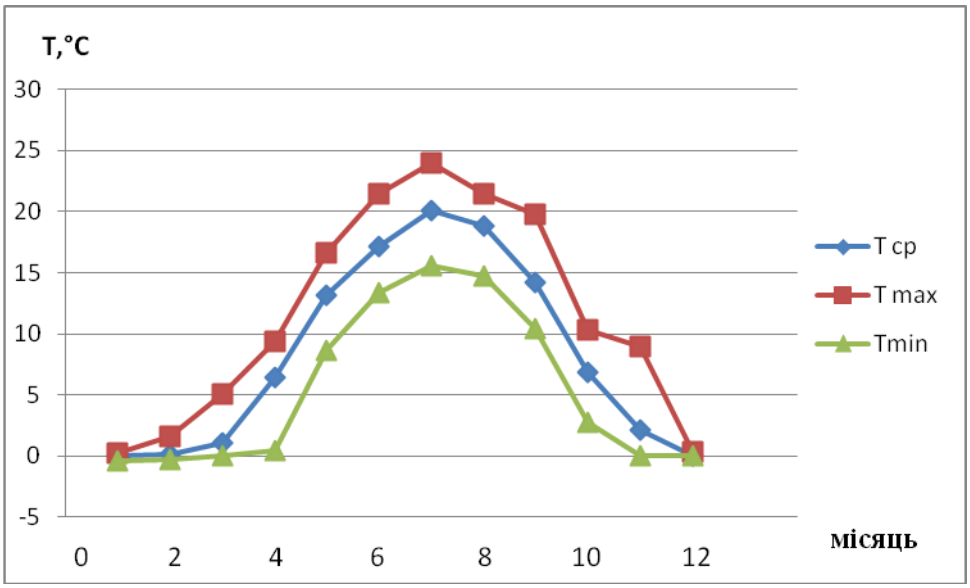

Рис. 3.4 Криві сезонного ходу мінімальної термінової води (по даним термінових досліджень)

На графіку можна бачити, що мінімальне значення - 0,01 °С температури спостерігаються в січні і грудні, максимальні значення спостерігаються в липні 20,13 °С. Розмах сезонних коливань в період з січня по липень становить 20,14 °С

Для аналізу короткострокової мінливості температури води за даними строкових спостережень окремо для кожного місяця року за досліджуваний період розраховувались позитивні (вище середнього місячного значення) та негативні (нижче середнього місячного значення) відхилення температури води. Після цього за багаторічний період розрахувались їх середні значення та розмах коливань, як різниця між позитивними та негативними значеннями. Саме величини розмаху відображають кількісні значення короткочасної мінливості температури води. Результати розрахунків для станції Цареградське гирло наведено в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 Характеристики короткочасної мінливості температури води на станціях Цареградське гирло

Станція	Місяць Хар-ка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Цар. гирло	П.В.	2,0	2,3	4,7	5,2	5,4	4,8	4,2	4,3	4,8	5,3	4,9	3,7	4,3
	Н.В	0,9	1,1	3,6	5,2	5,1	5,2	4,4	5,2	4,5	6,1	4,3	2,0	4,0
	Розмах	2,9	3,4	8,3	10,4	10,5	10,0	8,6	9,5	9,3	11,4	9,2	5,7	8,3

Примітка. П.В. – позитивне відхилення температури води,
Н.В. – негативне відхилення температури води.

Як видно з таблиці, в середньому за рік величина короткочасної мінливості температури води досягає 8,3°С. Впродовж року вона змінюється від 2-3°С в січні-лютому до 9-10°С з квітня по листопад. Такий розподіл величин в різні місяці пояснюється тим, що в теплий період року, коли контрасти між температурою води в поверхневому і в глибинному шарах найбільш суттєві,внаслідок відгінно-нагінних явищ спостерігаються різкі зміни температури води, які досягають значних величин. В холодний період року внаслідок конвективного перемішування та вирівнювання температури води по глибині, зміни температури за рахунок відгінно-нагінних явищ значно менше. Отримані оцінки короткочасної мінливості температури води співпадають з тими, що

наведено в [15], але ж уточнюють, як вони змінюються впродовж року на станції Цареградське гирло.

4 МІНЛИВІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ НА СТАНЦІЇ ЮЖНИЙ

4.1 Сезонна мінливість температури води на станції Южний

Аналогічний аналіз характеристик сезонної мінливості температури води виконано для станції Южний. За даними середніх місячних значень температури води за період 1984-2011рр. розраховувались середні, максимальні і мінімальні значення температури, а також величини розмаху і значення середнього квадратичного відхилення, які характеризують мінливість температури в кожному місяці року. Результати розрахунків представлено в табл. 4.1 і на рис. 4.1.

Табл. 4.1 Статистичні характеристики для середньомісячної температури води на станції Южний

Місяць Характ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Tср.	2,1	1,6	3,6	9,0	15,0	18,7	20,8	21,1	17,7	13,8	8,6	4,2	11,3
T max	5,6	3,6	6,6	11,1	17,5	22,7	25	25,9	21,9	15,8	12,2	7,2	14,6
T min	-0,4	-0,4	0,1	3,4	12,2	15,4	16,4	17,4	14,2	11	4,5	1,1	7,9
Розмах	6	4	6,5	7,7	5,3	7,3	8,6	8,5	7,7	4,8	7,7	6,1	
СКВ	1,52	1,39	1,74	1,67	1,25	1,89	1,97	2,01	1,84	1,36	1,70	1,68	

За середніми, максимальними і мінімальними значеннями середньомісячної температури води були побудовані криві сезонного ходу температури води (рис. 4.1).

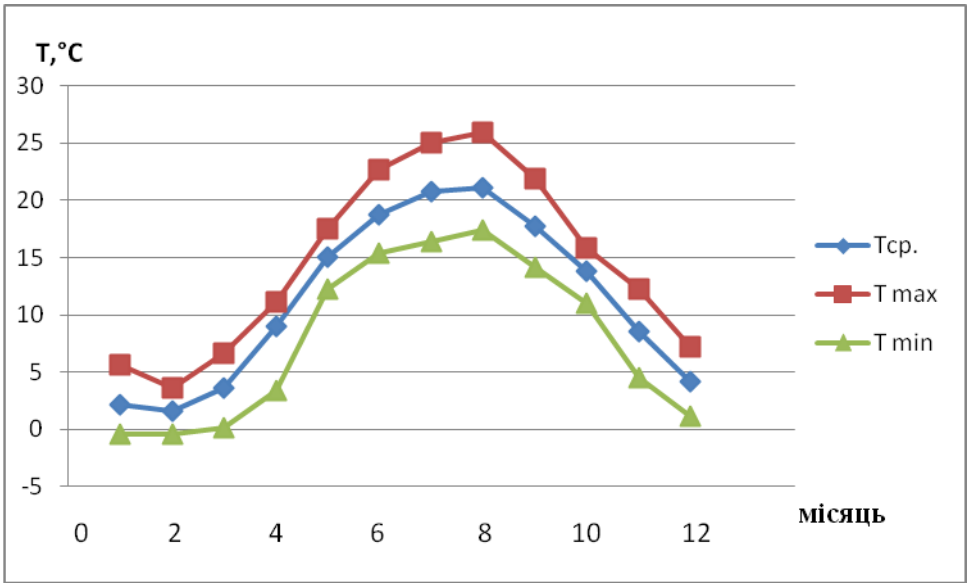

Рис. 4.1 Криві сезонного ходу середньомісячної температури води

З графіка видно, що мінімальна температура води спостерігається в лютому і складає 1,6°С, що узгоджується з мінімумом температури повітря взимку. Потім температура води поступово зростає і досягає максимуму в липні і серпні. Температура води досягає 20,8 та 21,1°С відповідно. Розмах сезонних коливань в середньо багаторічних значень температури води становить 19,5°С - з мінімумом у січні (1,6°С) і максимумом у серпні (21,1°С).

Аналізуючи криву максимальних значень середньомісячної температури води видно, що мінімальне значення (3,6°С) температури спостерігаються лютому, максимальні значення спостерігаються в липні та серпні(25 і 25,9°С). Розмах сезонних коливань в період з січня по липень становить 22,3°С.

По кривій мінімальних значень середньомісячної температури води можна сказати, що мінімум спостерігався з січня по березень (становив - 0,4 - 0,1°С), максимум спостерігався в серпні (17,4°С). Розмах з січня по липень становить 17,8°С.

Середня річна температура води на станції Южний за досліджуваний період становить 11,3ºС, що майже на градус нижче, ніж на станції Цареградське гирло (12,3ºС). Впродовж року температура води демонструє добре виражений сезонний хід, обумовлений сезонним ходом сонячної радіації і температури повітря: максимум температури води досягається в серпні і становить 21,1’ºС, що на 3,4ºС нижче, ніж на станції Цареградське гирло (24,5ºС). Мінімум в сезонному ході спостерігається в лютому, а температура дорівнює 1,6ºС, що на 0,7ºС вище, ніж мінімальна температура на станції Цареградське гирло (0,9ºС). Амплітуда сезонних

коливань за середніми багаторічними значеннями становить 19,5 °С , що на 4,1°С нижче, ніж на станції Цареградське гирло (23,6 °С).

Таким чином, порівняння двох станції показує, що відрізняються всі характеристики сезонних коливань - амплітуди, максимальні і мінімальні значення. Так як станція Цареградське гирло розповсюджена у мілководному районі моря з суттєвим впливом річкового стоку, це сприяє не тільки опрісненню, а й значному прогріванню води літом і охолодженню в холодну пору року, Це в свою чергу обумовлює більшу величину амплітуди сезонних коливань. Станція Южний, навпаки, розповсюджена в районі з більшими глибинами і з більш солоними водами, що також впливає на сезонні коливання температури води – амплітуду сезонного ходу, максимальні та мінімальні значення впродовж року.

Від року до року температура води відчуває певну мінливість, що можна побачити з аналізу максимальних та мінімальних середніх місячних значень, а також значень розмаху температури для кожного окремого місяця. За максимальними середніми місячними значеннями температура води в серпні досягає 25,9°С, а в лютому становить 3,6°С. За мінімальними середніми місячними значеннями температура води в серпні становить 17.4°С, а в зимові місяці (січень-лютий) дорівнює - 0,4°С. Амплітуди сезонного ходу за максимальними і мінімальними значеннями дорівнюють 22,3°С і 17.8°С відповідно. Найбільші значення розмаху коливань середньої місячної температури води (7-8°С) і середні квадратичні відхилення (1.9- 2,0°С) спостерігаються в липні-серпні.

4.2 Між річна мінливість температури води на станції Южний

Для аналізу між річної мінливості температури води використовувались як середні місячні, так і середні річні дані за кожен рік досліджуваного періоду.

На рис. 4.2 представлений графік, який ілюструє між річну мінливість середньорічних значень температури води на станції Южний і лінія тренду за досліджуваний період.

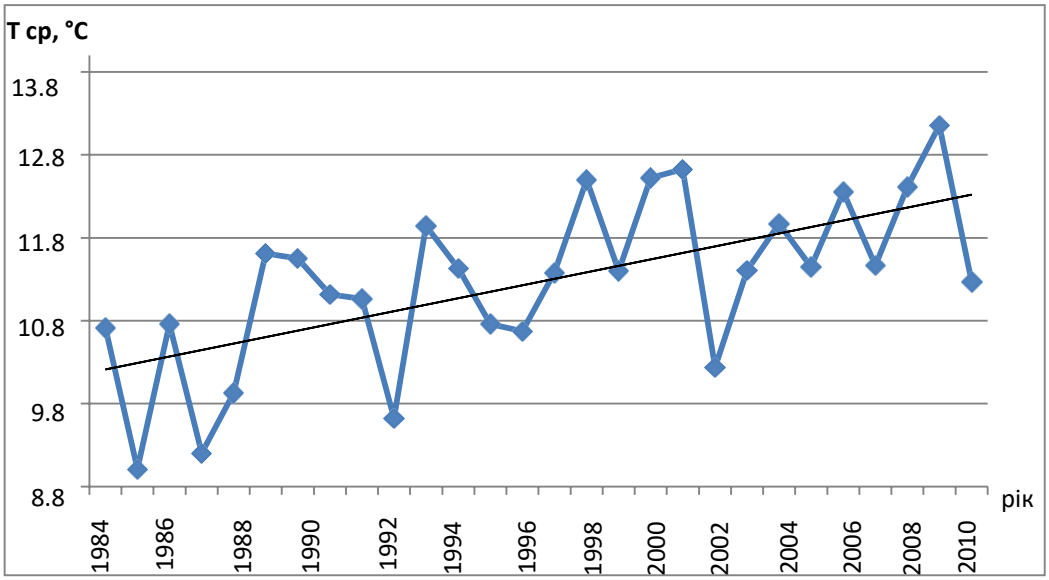

Рис. 4.2 Між річні коливання середньорічних значень температури води

З графіка видно, що за досліджуваний період в багаторічних змінах температури води спостерігається позитивний тренд, тобто підвищення температури води на станції Южний. Тренд значущий, коефіцієнт детермінації дорівнює 0,39, а кутовий коефіцієнт складає 0,08ºС*рік$^{-1}$. Загальне підвищення температури води на станції Южний за досліджуваний період склало 2.24ºС , що співпадає з характеристиками тренду на станції Цареградське гирло.

Характеристики трендів між річної мінливості для кожного місяцю року представлено в табл. 4.2

Табл. 4.2 Характеристики трендів середньомісячної температури води на станції Южний

Хар.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за рік
T	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,03	0,13	0,12	0,07	0,07	0,11	0,13	0,08
R^2	0,02	0,10	0,09	0,10	0,14	0,01	0,28*	0,25	0,09	0,17	0,28 *	0,42*	0,39*
Δ	0,84	1,4	1,68	1,68	1,68	0,84	3,64	3,36	1,96	1,96	3,08	3,64	2,24

Примітка: T - кутовий коефіцієнт тренду, R^2 - коефіцієнт детермінації, Δ – загальна зміна температури повітря по тренду,

* - значущі тренди на рівні 95%

Як видно з таблиці, в усі місяці року також спостерігаються позитивні тренди. Статистично значущі тренди спостерігаються в липні, листопаді і грудні, і саме в ці місяці температура води підвищилась на 3,0 - 3,6°С. Найменше підвищення температури води спостерігається в січні і червні.

4.3 Короткочасна мінливість температури води на станції Южний

Для оцінки короткочасної мінливості розглядалися екстремальні (максимальні та мінімальні) значення температури води за даними строкових спостережень, а результати розрахунків їх статистичних характеристик представлено в табл. 4.3 та табл. 4.4 відповідно.

Табл. 4.3 Статистичні характеристики для максимальної температури води за даними строкових спостережень

Місяць Хар.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tср	4,1	3,3	6,7	13,3	20,5	23,6	25,8	25,2	21,7	17,5	12,0	7,2
Tmax	7,1	5,6	10,4	17,4	24,3	26,9	28,4	30,1	25,2	21,1	14,3	10,7
Tmin	1,0	0,4	2,4	7,6	16,0	20,8	23,9	21,8	18,9	14,2	9,1	2,8
розмах	6,1	5,2	8,0	9,8	8,3	6,1	4,5	8,3	6,3	6,9	5,2	7,9
СКВ	1,58	1,51	1,73	2,16	2,08	1,68	1,38	1,76	1,66	1,84	1,49	1,86

За середніми, максимальними і мінімальними значеннями максимальної температури води за даними строкових спостережень були побудовані криві сезонного ходу температури води (рис. 4.3).

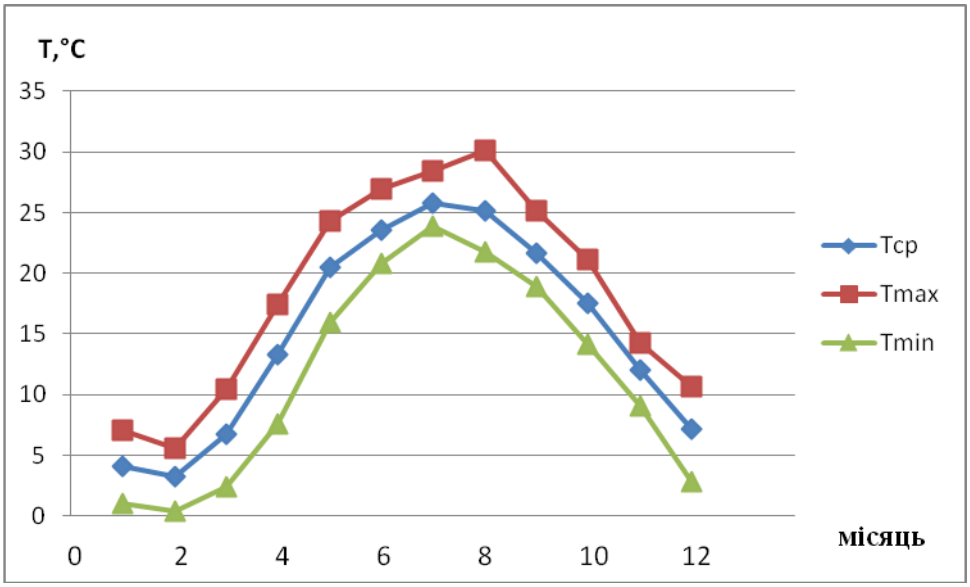

Рис. 4.3 Криві сезонного ходу максимальної температури води за даними строкових спостережень

На графіку можна бачити, що мінімальне значення температури 3,3°С спостерігаються в лютому, максимальні значення спостерігаються в липні та серпні (25,8 та 25,2°С). Розмах сезонних коливань в період з лютого по липень становить 22,5°С.

З аналізу таблиці 4.3 можна бачити, що впродовж року максимальна строкова температура води змінюється від 25,8°С в липні до 3.3°С в лютому, тобто амплітуда сезонного ходу досягає 22,5°С. Якщо аналізувати екстремальні значення за весь ряд спостережень, то можна бачити, що максимальне значення в окремі роки досягає 30,1°С, а мінімальне дорівнює 0,4°С, а амплітуда досягає 29,7°С. Ці величини перевищують амплітуду сезонного ходу температури за середніми місячними даними, яка дорівнює 19,5°С.

Табл. 4.4 Статистичні характеристики для мінімальної температури води за даними строкових спостережень

Місяць Хар.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tcp	0,1	0,0	1,3	5,0	9,1	12,2	13,7	15,3	13,6	9,9	5,3	1,3
Tmax	3,7	2,2	4,9	7,1	14,1	18,9	19,2	21,9	20,1	11,8	9,5	4,9
Tmin	-1,8	-2,0	-1,0	0,8	5,2	7,5	9,3	11,1	8,5	7,1	-0,6	-0,6
розмах	5,5	4,2	5,9	6,3	8,9	11,4	9,9	10,8	11,6	4,7	10,1	5,5
СКВ	1,20	1,03	1,72	1,52	2,20	2,69	2,36	3,28	2,92	1,47	2,43	1,66

По середнім, максимальним і мінімальним значенням мінімальної строкової температури води були побудовані криві сезонного ходу (рис. 4.4).

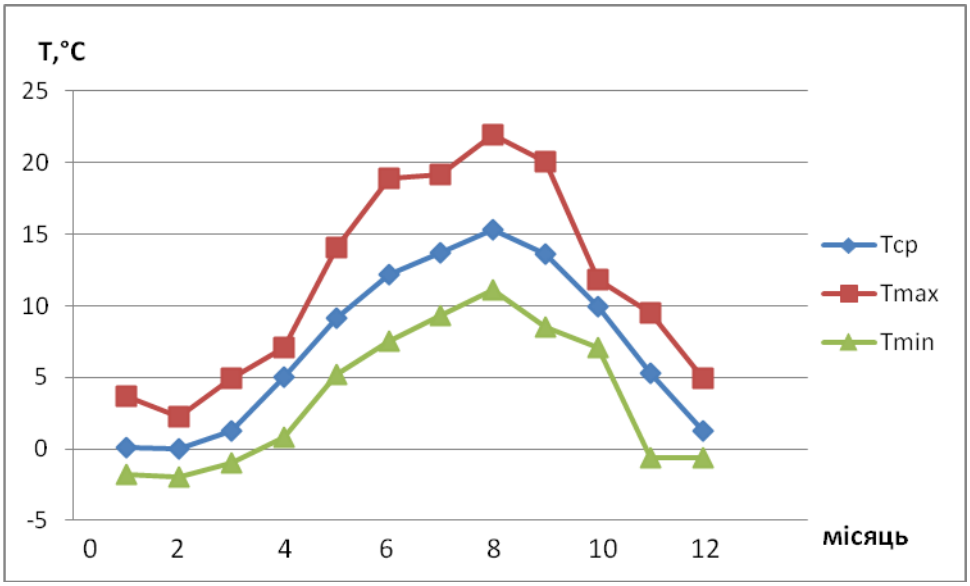

Рис. 4.4 Криві сезонного ходу мінімальної термінової води за даними строкових спостережень

З графіка видно, що мінімальне значення (0,1 та 0,0°С) температури спостерігаються в січні і лютому, максимальні значення спостерігаються в серпні (15,3°С). Розмах сезонних коливань в період з січня по серпень становить 15,3°С.

З аналізу таблиці 4.4 можна бачити , що впродовж року мінімальна строкова температура води змінюється від 15,3ºС в серпні до 0.0ºС в лютому, тобто амплітуда сезонного ходу досягає 15,3ºС. Якщо аналізувати екстремальні значення з мінімальної температури за весь ряд спостережень, то можна бачити, що максимальне значення в окремі роки досягає 21,9ºС , а мінімальне дорівнює -2,0ºС, а амплітуда досягає 23,9ºС.

Для станції Южний, також як і для станції Цареградське гирло, розраховувались позитивні (вище середнього місячного значення) та негативні (нижче середнього місячного значення) відхилення температури води за даними строкових спостережень. Після цього за багаторічний період розрахувались їх середні значення та розмах коливань, як різниця між позитивними та негативними значеннями. Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Характеристики короткочасної мінливості температури води на станції Южний.

Станція	Місяць Хар-ка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Южний	П.В.	0,9	1,9	5,8	7,8	8,7	8,5	7,9	7,2	5,8	4,4	2,7	1,3	5,2
	Н.В.	2,0	1,6	2,3	4,0	5,9	8,6	7,4	7,4	4,1	3,9	3,3	2,9	4,4
	Розмах	2,9	3,5	8,1	11,8	14,6	17,1	15,3	14,6	9,9	8,3	6,0	4,2	9,6

Примітка. П.В. – позитивне відхилення температури води,
Н.В. – негативне відхилення температури води.

Як видно з таблиці, в середньому за рік розмах короткочасної мінливості температури води досягає 9,6°С. Впродовж року розмах короткочасної мінливості змінюється 2-3°С в січні-лютому до 15-17°С з травня по серпень. Розмах короткочасної мінливості в літні місяці перевищує значення, наведені в [15],

Якщо порівнювати оцінки короткочасної мінливості на станції Южний зі станцією Цареградське гирло, то можна відмітити, що вони значно відрізняються в теплий період року. На станції Южний розмах короткочасної мінливості досягає 15-17°С, в той час як на станції Цареградське гирло ця величина становить 9-10°С. Значне перевищення розмаху короткочасної мінливості на станції Южний можна пояснити тим, що ця станція розповсюджена в глибоководному районі, де контрасти температур по глибині в літні місяці досягають значних величин. Прибережні апвелінги супроводжують згін поверхневої води від берега та

вихід холодної води з більшої глибини, що обумовлює суттєвий розмах короткочасної мінливості.

5 ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІНЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ З БАГАТОРІЧНИМИ ДАНИМИ ТА МІЖ СОБОЮ НА СТАНЦІЯХ ЦАРЕГРАДСЬКЕ ГИРЛО І ЮЖНИЙ

Температура води є найбільш важливім елементом режиму моря, а її зміни в прибережній зоні моря обумовлені кліматичними умовами, радіаційним балансом морської поверхні, конвективним теплообміном поверхневого шару води з атмосферою та глибинними шарами, адвекцією вод морськими течіями та згіно-нагіними явищами поблизу берегів.

Інформація про мінливість температури води в Чорному морі за попередні роки узагальнена за період до 1985 року та представлена в монографії [1]. Статистичні характеристики сезонної та між річної мінливості та оцінки кліматичних змін температури води для деяких станцій північно-західній частини Чорного моря за весь досліджуваний період наведено в [10].

Як вказувалось вище, станція Цареградське гирло знаходиться поблизу Дністровського лиману в мілководній зоні морського узбережжя, де середні глибини не перевищують 10м, а ізобата 20 м проходить від берега на відстані приблизно 50км. Мінливість всіх гідрологічних характеристик в цьому районі в значної мірі пов’язана з річковим стоком Дністра та мілководністю району. Станція Южний знаходиться в зоні морського узбережжя Аджалицького лиману. На морському узбережжі глибини складають 7 м-10 м, та займають вузьку смугу шириною приблизно 1,5 км вздовж берега. За межами цій мілководної смуги розташована доволі поширена зона з глибинами від 10 м до 20м. Таким чином, на відміну від мілководної зони поблизу станції Цареградське гирло, відносно глибоководний район знаходиться поблизу станції Южний доволі близько.

Періоди спостережень на двох станціях приблизно однакові, що дозволяє порівнювати між собою характеристики мінливості.

5.1 Сезонні коливання температури води

Як відомо, в помірних широтах спостерігається сезонний хід сонячної радіації та температури повітря, що обумовлює аналогічний сезонний хід температури води в морі. Якщо аналізувати сезонні коливання температури води на двох станціях, то можна відмітити такі відмінності. Мінімальні в сезонному ході температури води на станції Цареградське гирло спостерігаються в січні, а на станції Южний - в

лютому. Максимальні в сезонному ході температури води на станції Цареградське гирло спостерігаються в липні, а на станції Южний - в серпні . Тобто зсув фаз екстремумів сезонного ходу складає місяць, а саме, в глибоководній зоні району досліджень екстремуми сезонного ходу температури води досягаються пізніше на місяць в порівнянні з мілководною зоною. Амплітуда сезонних коливань температури води на двох станціях також не є однаковою - на станції Цареградське гирло вона досягає 23,6 ° С, а на станції Южний – 19,5 ° С. Така значна (близько 4 °С) відмінність на двох станціях відносно близько розташованих одна від одною обумовлена різницями середньомісячних температур впродовж року. В зимові місяці – з жовтня по лютий – температура води на станції Цареградське гирло нижча за температуру води на станції Южний за цей же період. Максимальна різниця припадає на грудень і досягає 2,2° С.

В весняні та літні місяці – з березня по вересень - температура води на станції Цареградське гирло – навпаки, вища за температуру води на станції Южний. В червні та липні перевищення досягає 3,7° С. Пояснити це можна тим, що станція Цареградське гирло знаходиться в мілководній зоні поблизу Дністровського лиману, де на сезонні коливання впливає, крім значного прогрівання влітку та охолодження зимою, стік р. Дністер. Зимою річковий стік охолоджує морську воду, а літом підігріває.

Середні річні температури на двох станціях також відрізняються – на станції Южний температура води складає 11,3°С, а на станції Цареградське гирло – 12,3°С. Якщо аналізувати відмінність між станціями за максимальними та мінімальними середньомісячними значеннями, то можна помітити таке: за максимальними значеннями розмах сезонних коливань на станції Южний складає 22,3°С, а на станції Цареградське гирло – 23,6°С, тобто різниця невелика. Але ж за мінімальними значеннями розмах сезонних коливань на станції Южний становить 17,8°С, а на станції Цареградське гирло – 21,7°С, різниця між ними досягає близько 4°С, що свідчить про більш значну між річну мінливість мінімальних температур води. Можна також припустити, що значна відмінність розмаху сезонних коливань на двох станціях досягається за рахунок більшої різниці мінімальних температур, ніж максимальних.

5.2 Порівняння характеристик мінливості температури води з багаторічними нормами

Як вказано вище, в [10] наведено статистичні характеристики мінливості температури води на деяких станціях Чорного моря. На станції Южний період спостережень охоплює 1981-2011рр., тобто практично співпадає з тим, що використано в кваліфікаційній роботі. На станції Цареградське гирло в [10] оцінки виконано за 1958-2011рр. тому представляє інтерес виконати порівняння оцінок мінливості за останні 25 років на цей станції з багаторічними нормами з [10]. Результати порівняння представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Порівняльний аналіз середньомісячних, максимальних та мінімальних значень температури води на ст. Цареградське гирло за 1986- 2010рр. з багаторічним нормами [10].

Місяць / Хар-ка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Різниця середніх місячних значень	-0,5	0,1	1,2	1,7	2,1	2,1	2,3	1,9	0,5	-0,6	-1,7	-1,7	0,6
Різніця максимальн. значень	-0,1	0,3	-0,2	0,6	1,5	1,4	0,5	2,0	1,6	-2,3	-3,8	3,1	-0,1
Різніця мінімальн. значень	0,3	0,8	0,5	1,6	3,3	3,7	3,0	1,7	1,1	0,6	0,2	-0,5	1,4

Порівняння за середніми місячними значеннями показує, що за останні 25 років на станції Цареградське гирло в середньому за рік температура води вища на 0,6°С , ніж за весь період спостережень. Перевищення норми спостерігається з лютого по вересень, а найбільше - в липні, і досягає 2,3°С. За період з жовтня по січень - навпаки, температура води за досліджуваний період нижча за норму, найбільші відмінності спостерігаються в листопаді та грудні та становлять -1,7°С.

Таким чином перевищення норми досягається за рахунок весняних та літніх місяців.

Різниця між мінімальними значеннями за період 1986-2010рр. та багаторічними нормами свідчить про те, що у всі місяці року, крім грудня, температура вища за норму. Найбільше перевищення припадає на червень та травень - 3,7°С та 3,3°С відповідно. Аналізуючи максимальні середні місячні значення в порівнянні з нормами, можна відмітити, що з квітня по жовтень, а також в грудні за останні 25 років спостерігається перевищення норми, а в жовтні, листопаді, січні та березні максимальна температура нижче норми. В цілому за рік мінімальна температура зросла на 1,4°С, а максимальна майже не змінилась. Таким чином, підвищення температури води на станції Цареградське гирло відбулось за рахунок зростання мінімальної температури. Для виявлення причин кліматичних змін температури води на станції Цареградське гирло розраховувались також статистичні характеристики температури повітря (табл. 5.2), виконувалось порівняння їх з багаторічними нормами з [10] (табл.5.3) та сумісний аналіз обох характеристик.

Сумісний аналіз кліматичних змін температури води та повітря показує, що за середніми місячними значеннями впродовж року спостерігаються практично однакові зміни обох характеристик. Перевищення температури води в порівнянні з нормами спостерігається з лютого по вересень, а температури повітря – з січня по серпень, тобто на місяць раниш. З жовтня по січень температура води за досліджуваний період нижча за норму, а температура повітря також нижча за норму з вересня по грудень, тобто також на місяць раниш. В цілому за рік температура води вище норми на 0,6°С, а температура повітря – на 0,2° С. За максимальними значеннями можна відмітити, що температури повітря та води за рік знизились на 0,8°С та 0,1°С відповідно, а мінімальні значення , навпаки, підвищились – для температури повітря на 0,6° С , а температури води на 1,4 ° С. Таким чином, можна зробити висновок про те, що за останні 25 років підвищення температури води на станції Цареградське гирло відбулось за рахунок підвищення температури повітря [19].

Таблиця 5.2 - Середні місячні, максимальні та мінімальні значення температури повітря на станції Цареградське гирло за 1986-2011рр.

Місяць / Хар-ка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Середня Температура	-0,7	0,3	4,2	10,5	16,7	21,1	23,7	23,1	17,5	11,9	5,8	0,9	11,3
Максимальна Температура	4,7	4,7	8,4	12,5	19,4	23,7	26,6	26,5	21,2	13,5	10,5	4,6	14,7
Мінімальна Температура	-6,8	-4,5	-3,3	6,6	13,7	19,0	20,8	19,9	14,8	9,8	-0,2	-4,3	7,1

Таблиця 5.3 - Порівняльний аналіз середніх місячних, максимальних та мінімальних значень температури повітря за 1986-2011рр. з багаторічними нормами [10].

Місяць / Хар-ка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Різниця середніх значень	0,1	0.5	0,9	0,9	0,5	0,3	0,7	0,8	-0,1	-0,1	-1,0	-1,2	0,2
Різниця максимальних значень	0,6	-1,5	-0,4	-0,3	-2,7	-0,3	-0,2	0,5	0,9	-2,7	-1,1	-2,7	-0,8
Різниця мінімальних значень	2,5	4,7	-2,2	1,2	0,5	0,8	0,4	0,4	0,6	0,3	-3,0	-0,1	0,6

5.3 Між річна мінливість температури води

Між річна мінливість температури вод на обох станціях характеризується кількісними оцінками лінійних трендів (кутові коефіцієнти тренду, коефіцієнти детермінації та величини загальної зміни температури за трендом), розрахованих як для кожного місяця окремо, так і для середніх річних даних. Результати розрахунків представлено в таблиці 5.4.

Як видно з таблиці 5.4., на станціях Цареградське гирло та Южний в багаторічних змінах температури води у всі місяці року спостерігаються позитивні тренди. Статистично значущими (на рівні не менш 90 %) на станції Цареградське гирло є тренди в серпні та за середніми річними даними, а на станції Южний – в липні, листопаді , грудні та за середніми річними даними. За досліджуваний період за середніми річними даними температура води зросла за трендом на станції Цареградське гирло на 1.9°С, а на станції Южний – на 2,24 °С. Зростання температури води на двох станціях відбулося за рахунок як літніх, так і зимових місяців. Ці оцінки узгоджуються з оцінками по інших станціях північно-західної частини Чорного моря [10].

Таблиця 5.4 - Характеристики лінійних трендів середньомісячній та середньої за рік температури води на станціях Цареградське гирло та Южний.

Станція	Місяць Хар-ка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Царегр. гирло	T	0,02	0,02	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	0,10	0,02	0,05	0,09	0,10	0,08
	R^2	0,02	0,01	0,06	0,09	0,20	0,17	0,20	**0,38**	0,02	0,13	0,11	0,23	**0,51**
1986-2010р.р	Δ	0,4	0,3	1,7	1,9	2,1	2,0	1,8	2,2	0,5	1,1	2,0	2,1	1.9
Южний	T	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,03	0,13	0,12	0,07	0,07	0,11	0,13	0,08
	R^2	0,02	0,10	0,09	0,10	0,14	0,01	0,28	0,25	0,09	0,17	0,28	0,42	**0,39**
1984-2011р.р	Δ	0,84	1,4	1,68	1,68	1,68	0,84	3,64	3,36	1,96	1,96	3,08	3,64	2.24

Примітка. T – кутовий коефіцієнт тренду, R^2 - коефіцієнт детермінації, Δ – загальна зміна температури по тренду ($°C \cdot$ рік $^{-1}$). Чорним кольором виділено значущі на рівні не нижче 90% тренди.

5.4 Короткочасна мінливість температури води

Як показано вище, в якості характеристик короткочасної мінливості в кваліфікаційній роботі розглядались величини розмаху коливань (різниці між максимальними та мінімальними строковими значеннями температури води). Результати розрахунків представлено в табл. 5.5

Таблиця 5.5 – Величини розмаху (^{o} C) короткочасної мінливості температури води на станціях Цареградське гирло та Южний.

Місяць Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Цар. гирло	2,9	3,4	8,3	10,4	10,5	10,0	8,6	9,5	9,3	11,4	9,2	5,7	8,3
Южний	2,9	3,5	8,1	11,8	14,6	17,1	15,3	14,6	9,9	8,3	6,0	4,2	9,6

В середньому за рік на обох станціях величини розмаху короткочасної мінливості приблизно однакові і складають 8-10^{o}C, що співпадає з оцінками з [10]. Але ж вони значно відрізняються в теплий період року. На станції Южний розмах короткочасної мінливості досягає 15-17^{o}C, в той час як на станції Цареградське гирло ця величина становить 9-10^{o}C. Значне перевищення розмаху короткочасної мінливості на станції Южний можна пояснити тим, що ця станція розповсюджена в глибоководному районі, де контрасти температур по глибині в літні місяці досягають значних величин. Прибережні апвелінги супроводжують згін поверхневої води від берега та вихід холодної води з більшої глибини [20,21], що обумовлює суттєвий розмах короткочасної мінливості в цей період року.

ВИСНОВОК

Аналіз мінливості температури води різного часового масштабу – сезонного, між річного та короткочасного на станції Южний за період з 1984 по 2011рр. і на станції Цареградське гирло - за період 1986 – 2010рр. дозволяє зробити такі висновки.

1. Амплітуда сезонних коливань температури води на станції Цареградське гирло досягає 23,6 ° С, а на станції Южний – 19,5 ° С. Така значна (близько 4 °С) відмінність на двох станціях відносно близько розташованих одна від одною обумовлена різницями середньомісячних температур впродовж року. В зимові місяці – з жовтня по лютий – температура води на станції Цареградське гирло нижча за температуру води на станції Южний за цей же період. Максимальна різниця припадає на грудень і досягає 2,2° С. В весняні та літні місяці – з березня по вересень - температура води на станції Цареградське гирло – навпаки, вища за температуру води на станції Южний. В червні та липні перевищення досягає 3,7° С. Пояснити це можна тим, що станція Цареградське гирло знаходиться в мілководній зоні поблизу Дністровського лиману, де на сезонні коливання впливає, крім значного прогрівання влітку та охолодження зимою, стік р. Дністер. Зимою річковий стік охолоджує морську воду, а літом підігріває.

2. Середня річна температура води на станції Южний складає 11,3° С, а на станції Цареградське гирло – 12,3 °С. В багаторічних змінах температури води на обох станціях у всі місяці року спостерігаються позитивні тренди. Статистично значущими (на рівні не менш 90 %) на станції Цареградське гирло є тренди в серпні та за середніми річними даними, а на станції Южний – в липні, листопаді , грудні та за середніми річними даними. За досліджуваний період за середніми річними даними температура води зросла за трендом на станції Цареградське гирло на 1.9°С, а на станції Южний – на 2,24 °С. Зростання температури води на двох станціях відбулося за рахунок як літніх, так і зимових місяців.

3. В середньому за рік на обох станціях величини розмаху короткочасної мінливості приблизно однакові і складають 8-10°С, але ж вони значно відрізняються в теплий період року. На станції Южний розмах короткочасної мінливості досягає 15-17°С, в той час як на станції Цареградське гирло ця величина становить 9-10°С. Значне перевищення розмаху короткочасної мінливості на станції Южний можна пояснити тим, що ця станція розповсюджена в глибоководному районі, де контрасти температур по глибині в літні місяці досягають значних величин.

Прибережні апвелінги супроводжують згін поверхневої води від берега та вихід холодної води з більшої глибини , що обумовлює суттєвий розмах короткочасної мінливості в цей період року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Под ред. Смирнова А.И., Альтмана Э.Н.// Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. IV: Черное море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия // Санкт-Петербург: Гидрометиздат, 1991, 430 с.

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

3. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР Том 4. Черное море. Л: Гидрометеоиздат, 1986, 98 с.

4. Справочник по гидрологическому режиму морей и устьев рек СССР. Часть 1. Том 4. Черное море. Киев, 1970, 386 с.

5. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря : монография / Блатов А. С., Булгаков Н. П., Иванов В. А. и др. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 240 с.

6. Океанографічний атлас Чорного та Азовського морів. Київ : ДУ «Держгідрографія», 2009, 356 с.

7. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря.Севастополь: НАН Украины, Морской гидрофизический институт, 2011, 212 с.

8. Ильин Ю. П. Вклад региональных и глобальных факторов в межгодовую изменчивость гидрометеорологических условий прибрежной зоны Черного моря. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИГидрофизика. 2012. Вып. 26. Т. 1., С. 117-122.

9. Репетин Л.Н. Пространственная и временная изменчивость температурного режима прибрежной зоны Черного моря. Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. 2012. Вип. 26(1), С. 99-116

10. Гончаров В.П. и др. Площади и объемы Средиземного и Черного морей// Океанология. 1995, Т.5, вып. 6, С. 987 – 992.

11. Леонов А.К. Региональная океанология. Ч. 1 Л.: Гидрометиздат, 1960, 765 с.

12. Рузенгурт М.Ш. Исследование влияния зарегулированного стока р. Днестра на солевой режим Днестровского лимана. К.: Наукова думка. 1971, 132 с.

13. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья // Отв.ред. Вишневский П.Ф.; АН УССР. Ин – т гидробиологии. Киев: Наук. Думка, 1990, 240 с.

14. Под ред. А. К. Виноградова // Экосистема Григорьевского (Малого Аджалыкского) лимана ; Э40 Монография. Одесса: Астропринт, 2008, 264 с.

15. EASAC. Extreme Weather Events in Europe: preparing for climate Change adaptation. // Report, 2013. P. 137.

16. http://www.grida.no/climate/ipcc tar/vol14/russian/Footnote

17. Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад МГЭИК // http://www.grida.no/climate/ipcc tar/vol14/russian/019.htm

18. Ахим Бююль, Петер Цёфель SPSS: искуство обработки информации. Platinum Edition. Москва, Санкт-Петербург, Киев 2005, 602 с.

19. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н. Вековые изменения температуры воздуха в черноморском регионе и их сезонные особенности // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. Вып. 14, С. 322-333.

20. Гаврилюк Р.В., Корнилов С.В. Изменчивость уровня в северо-западной части Черного моря. Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. №2 (17), 2014, С. 142-164.

21. Гаврилюк Р.В., Корнилов С.В. Сгонно-нагонные колебания уровня в акваториях портов северо-западной части Черного моря и их изменчивость в современный климатический период. Судовождение. Сборник научных трудов. Одесская национальная морская академия. Вып. 25, 2015, С.48-57.