

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра океанології та
морського природокористування

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: ОСНОВНІ РИСИ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ СЕРЕДЗЕМНОГО
МОРЯ ТА ЙОГО ВОДООБМІН З ОКЕАНОМ

Виконав студент 2 курсу групи МО-61
спеціальність 103 «Науки про Землю»
Богущ Владислав Валентинович

Керівник к. геогр. н. доцент
Монюшко Марина Михайлівна

Консультант _____

Рецензент к. геогр. н. доцент
Боровська Галина Олександрівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
_____ року

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

Богущ Владислав Валентинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Основні риси гідрологічного режиму Середземного моря та його водообмін з океаном

Керівник роботи к. геогр. н., доцент Монюшко М.М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого освіти від "____" _____ 20____ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 1.06.2018

3. Вихідні дані до роботи данні натурних експедиційних досліджень центру атмосферних та океанологічних досліджень (NOAA) по розділу температури та солоності морської води.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) поверхневий розподіл температури та солоності морської води, водний баланс Середземного моря, циркуляція вод району дослідження. Розрахунки водообміну Середземного моря з океаном.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карти просторового розподілу температури та солоності, швидкості течій на різних розрізах, графіки вертикального розподілу температури та солоності морської води, T,S- криві водних мас

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд літератури	26.09-10.04	90	відм.
2	Дослідження основних закономірностей розподілу гідрологічних характеристик	11.04-25.04	92	відм.
3	Розрахунки водного балансу моря	26.04-05.05	95	відм.
4	Розрахунки водообміну Середземного моря з океаном	06.05-25.05		відм.
5	Висновки	26.05-28.05	90	відм.
	Рубіжна атестація	30.04-6.05. 2018р		
	Попередній захист роботи	29.05.		
	Здача на кафедру	1.06.2018		
	Перевірка на плагіат	6-7.06.2018		
	Рецензування	8-10.06.2018		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ФІЗИКО ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ.....	8
1.1. Загальні риси клімату.....	9
2. ОСНОВНІ РИСИ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ	13
2.1 Просторовий розподіл температури води по вертикалі та горизонталі	13
2.2 Просторовий розподіл солоності по вертикалі та горизонталі.....	16
3. ВОДНИЙ БАЛАНС СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ.....	19
3.1 Водобмін крізь протоку Гібралтар.....	22
4. ЦИРКУЛЯЦІЯ ВОД СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ	25
5. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
6. РОЗРАХУНКИ ВОДООБМІНУ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ З ОКЕАНОМ.....	31
ВИСНОВКИ.....	47
ЛІТЕРАТУРА.....	49

ВСТУП

Водообмін будь якого моря з океаном має важливе значення для формування вертикальної структури моря і характеристик водних мас відповідних структурних зон. Особливість Середземного моря полягає в тому що, процеси які протікають в ньому подібні тим які спостерігаються в Світовому океані, але виражені більш детально і в значно менших масштабах за площею. Отже, Середземне море може служити в якості експериментального басейну в якому з меншими витратами можна проводити самі детальні дослідження різноманітних гідрофізичних явищ.

Мета роботи – встановити на основі даних натурних експедиційних досліджень основні закономірності розподілу гідрологічних характеристик при формуванні вертикальної структури моря та обчислення об'ємів води, які поступають з океану та витікають в океан з моря, а також час поновлення проміжної середземноморської води.

Робота є актуальною, так як дослідження, пов'язані з системою циркуляції та водообміном моря з океаном, що має важливе значення для вивчення водного та сольового режимів водного об'єкту. Середземноморський басейн - один з найцікавіших у гідрологічному відношенні районів Світового океану і все ще недостатньо вивчений в порівнянні з іншими морями. Більшою мірою це стосується схеми руху вод в морі.

Середземне море являє собою не тільки унікальний за гідрологічними властивостями басейн, та є морською дорогою яка відкриває шлях з Атлантики до Євразії та Північного сходу, має неповторні рекреаційні райони на півдні та сході своїх морських кордонів, служить домівкою для багатьох морських мешканців.

1 ФІЗИКО ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ

Середземне море розташовується між Європою, Африкою і Азією. На північному сході протокою Дарданелли воно з'єднується з Мармуровим морем і далі протокою Босфор - з Чорним морем, на південному сході Суецьким каналом - з Червоним морем та Гібралтарською протокою з Атлантичним океаном.

Таблиця 1. Морфометричні дані Середземного моря

Назва басейну моря	Площа (тис. км ²)	Об'єм (тис. км ³)	Середня глибина, (м)	Максимальна глибина, (м)
Західний басейн	854,6	1424,2	1667	3719
Східний басейн	552,1	988,6	1791	4486
Середземне море	2500	3839	1536	5120

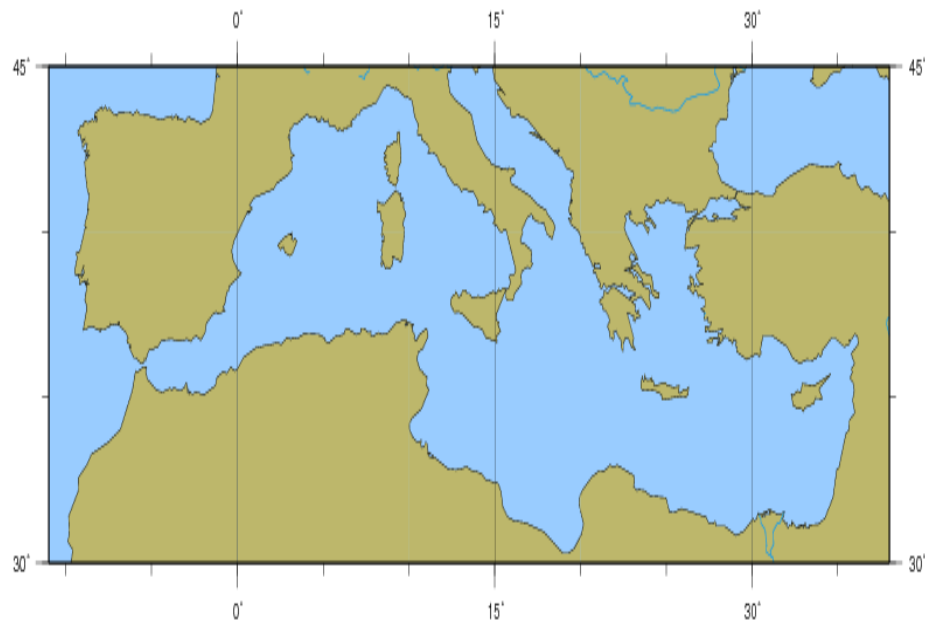


Рисунок 1.1. Карта Середземного моря

Береги Середземного моря у гористих узбережжях переважно абразійні, вирівняні, у низьких - лагуно-лиманові і дельтові; для східного узбережжя Адріатичного моря характерні берега далматинського типу .

У північній частині Середземного моря океанографи виділяють відносно відособлені великими півостровами і островами від основної частини такі моря: Альборан, Балеарське, Лігурійське, Тірренське, Адріатичне, Іонічне, Егейське, Кіпрське. До басейну Середземного моря належать також Мармурове, Чорне і Азовське моря.

Найзначніші затоки: Валенсійська, Ліонська, Генуезька, Таранто, Сидра (Великий Сирт), Габес (Малий Сирт). В Середземному морі є численні острови, яких налічують понад три тисячі, найбільші з них Балеарські, Сицилія, Сардинія, Кіпр, Крит, Корсика. У море впадають великі річки: Ніл, Ебро, Рона, По їх річний стік складає 525 км³/рік. [5]

1.1 Загальні риси клімату

Середземне море розташоване в субтропічній зоні північної півкулі. Виняток становить невелика ділянка Адріатичного моря на півночі і крайній південний схід моря, що входить відповідно в помірну і тропічну зони. Велике зональне простягання моря, складна конфігурація берегової лінії і орографічні особливості узбережжя визначають істотні відмінності клімату окремих районів моря; проте клімату Середземного моря властиві й загальні риси, що дає право вважати цей район особливою кліматичною областю.

Помірна тепла зима, середня температура січня 5-18⁰С, відсутність сильних морозів внаслідок захисту гір, тепле літо, середня температура липня 23-28⁰С, річна амплітуда від 11 до 20⁰С, мала хмарність, особливо в літнє півріччя, дощова пора зимою на півдні, весною та восени на півночі, при сухому літі, а на півдні повна відсутність літніх дощів. Найнижча температура повітря над Середземним морем спостерігається в січні 16⁰С і далі на північ падає до 8-9⁰С. У літній сезон найвища температура повітря

спостерігалася в серпні. Зональний характер розподілу порушується та зберігається тенденція до зростання температури з півночі на південь. В західній частині 22-23⁰С біля берегів Франції вона підвищується до 25⁰С. Найбільш висока температура спостерігається у північному-сході моря Леванта там вона досягає 28-30⁰С. Враховуючи що при середній роковій амплітуді температури повітря менш ніж 15⁰С то клімат району можна вважати морським, при амплітудах 15-20⁰С - перехідним, а від 20 до 40⁰С - континентальним. У зв'язку з тим можна зробити висновок що більша частина узбережжя Середземного моря має морський клімат, лише узбережжя Ліонської затоки та невеликі райони на півночі Егейського та Адріатичного морів належать до перехідного клімату. Добові коливання температури мають більшу амплітуду влітку. У середньому для всього моря можна прийняти добову амплітуду в літній сезон 9-10⁰С. [27]

Переважаючі вітри північно-західного напрямку. Велике значення для клімату Середземного моря також має орографія берегу. Системи гір, витягнуті впродовж його берегів, грають роль бар'єру для холодних повітряних мас, приходящих з півночі на територію Європи. В той же час особливості рельєфу деяких берегових районів (Рисунок 1.1) створюють умови для виникнення місцевих вітрів, таких як фен та містраль на Французькій рив'єрі, бора на Адріатичному березі, узбережжі Югославії. Ці вітри спостерігаються в указаних районах дуже часто, а містраль і бора досягають ураганної сили.

Дефіцит води, постійно існуючий в Середземному морі, викликає зниження його рівня, що, в свою чергу, обумовлює інтенсивний компенсаційний приплив вод із сусідніх басейнів. Значні відмінності в щільності вод Середземного моря з водами які з'єднуються з ним призводять до виникнення зустрічних течій (протитечій) в глибинних частинах проток. Наслідком цих двох чинників є посилений водообмін через протоки. Великий вплив на формування типів погоди над Середземним морем робить саме море. [30]

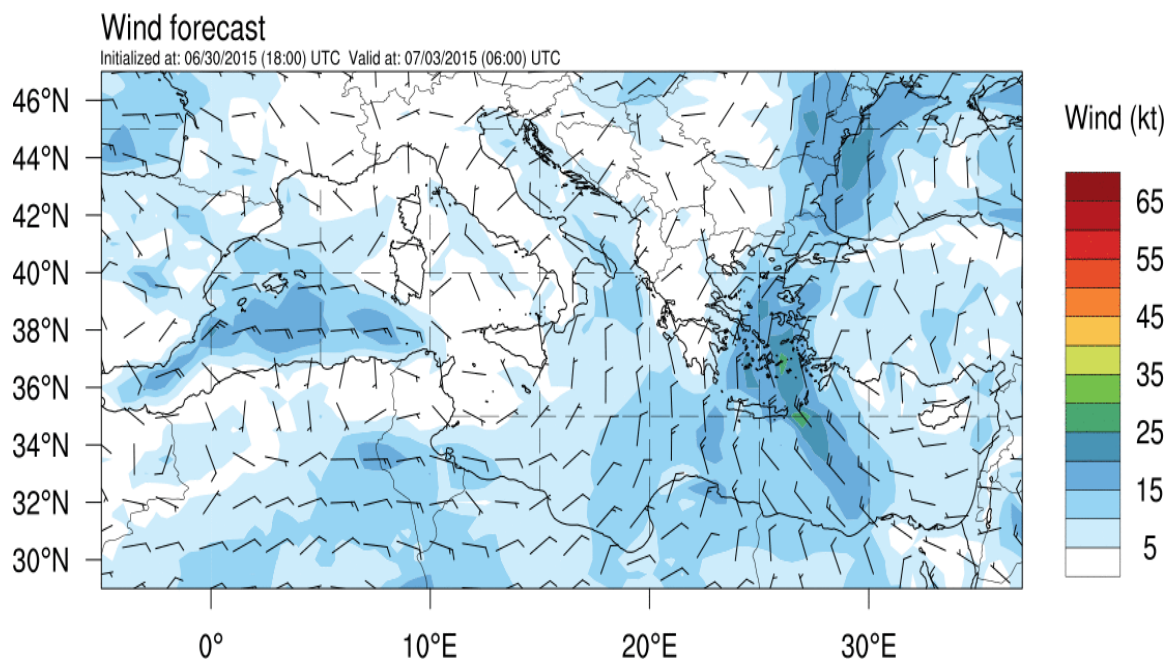


Рисунок 1.2 Розподіл вітрової активності в Середземному морі

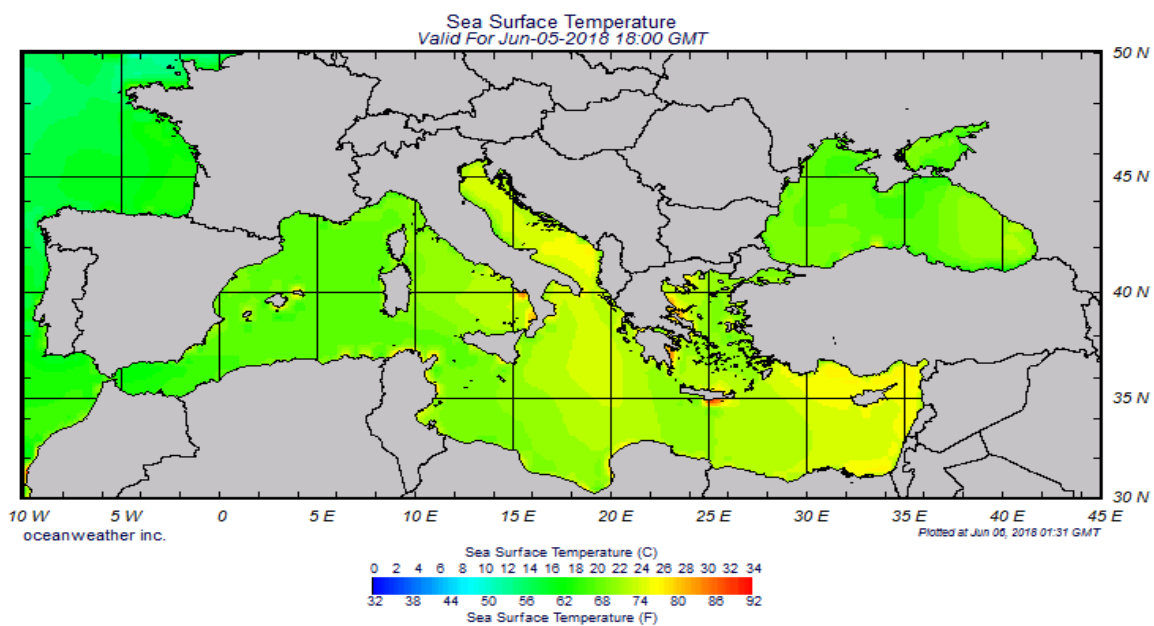


Рисунок 1.3. Розподіл поверхневої температури Середземного моря

В найбільших глибинах температура води не опускається нижче 13°C , води моря стають величезним акумулятором тепла підігріваючи атмосферу в зимній період.

Визначення загальної кількості опадів над водними просторами завжди нашо́вхується на великі труднощі, так як прямих вимірів тут дуже мало. Тому приходить́ся використовувати данні з берегових станцій. Найбільш вірні свідо́цтва про опади в морі дають острівні станції але їх в Середземному морі замало. [28]

2. ОСНОВНІ РИСИ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ

Гідрологічний режим Середземного моря формується під впливом великого випаровування і загальних кліматичних умов. Переважання витрати прісної води над її приходом веде до зниження рівня, що є причиною постійного припливу поверхневих менш солоних вод з Атлантичного океану і Чорного моря. У глибинних шарах проток відбувається відтік високосолоних вод, викликаний різницею щільності води на рівні порогів проток. Основний водообмін відбувається через Гібралтарську протоку. Виконані розрахунки в магістерській роботі показали, що верхня течія приносить $34040 \text{ км}^3/\text{рік}$ атлантичних вод, а нижня - виносить $32330 \text{ км}^3/\text{рік}$ середземноморської води.

Таблиця 2.1. Середньорічні значення опадів, річкового стоку та випаровування в Середземному морі (км^3)

Середньорічні опади	Річковий стік	Випаровування
$975 \text{ км}^3/\text{рік}$	$525 \text{ км}^3/\text{рік}$	$-3202 \text{ км}^3/\text{рік}$

2.1 Просторовий розподіл температури води по вертикалі та горизонталі.

Розподіл температури в Середземному морі в літній сезон характеризується насамперед, її швидким пониженням у верхньому діючому шарі моря (товщиною до 60-85 м). Подальша зміна температури з глибиною проходить повільніше. Починаючи в середньому з 800 м глибини температура води в Середземному морі практично залишається однаковою (рис. 2.1).

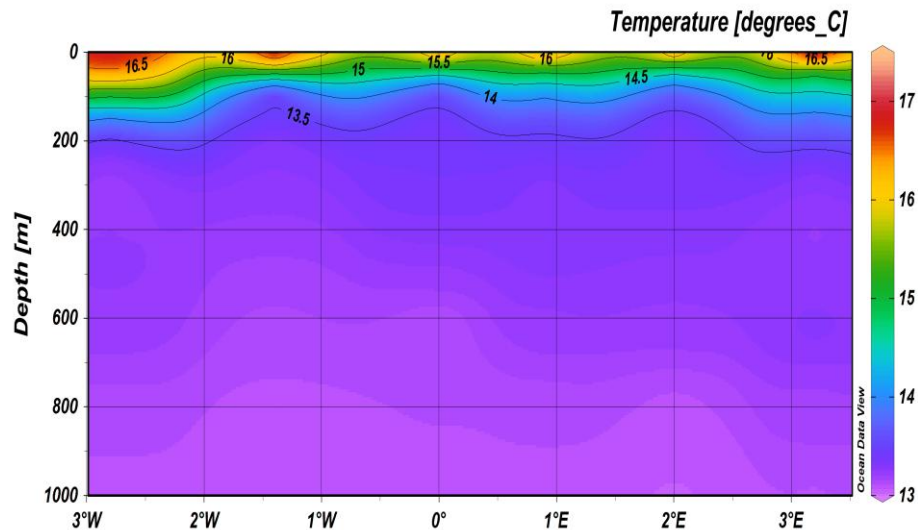


Рисунок 2.1. Просторовий розподіл температури води в західному басейні Середземного моря (38° пн.ш.; 4° сх.д. – 36° пн.ш.; 3° з.д.)

Для аналізу вертикального розподілу температури води використані данні за температурою в декількох басейнах Середземного моря а саме : Східний , Західний басейни, Південь Адріатичного моря та Туніська протока (данні представлені в табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Особливості розподілу температури води в Середземному морі

Район	Температура на поверхні ($^{\circ}\text{C}$)	Мінімальна температура ($^{\circ}\text{C}$)	Максимальна температура ($^{\circ}\text{C}$)	Температура на максимальних глибинах ($^{\circ}\text{C}$)
Східний Басейн	23	15	28	14
Західний Басейн	17.5	13.5	19	13
Південь Адріатичного моря	19	14	26	12
Туніська протока	20	14.5	24	13

Побудовано за осередненими даними за період 2005-2012 рр. горизонтальний розподіл температури води в Середземному морі. На карті

(рис.2.2) показано зональний характер розподілу температури води із зростанням її із заходу на схід. Так біля північних берегів температура складає 18-23⁰С, по мірі наближення до півдня зростає до 24-27⁰С біля берегів Африки. У той же час добре простежується ріст температури з заходу на схід (від 19⁰С біля Гібралтарської протоки до 29° на Близньому Сході). Це пов'язано з зростанням континентальності клімату через вплив розташованих навколо східної частини моря сухих та спекотних районів Північної Африки, Близнього Сходу, та інші. В західному басейні найнижча температура спостерігається біля північних берегів (16-20°). Це пов'язано головним чином зі згонами води до того ж в ту область впадає річка Рона яка звісно несе водні маси нижчі за температурою ніж Середземне море. На півдні води західного басейну збільшують температуру в Алжиро-Прованському басейні та Тиренському морі до 22.5⁰С.

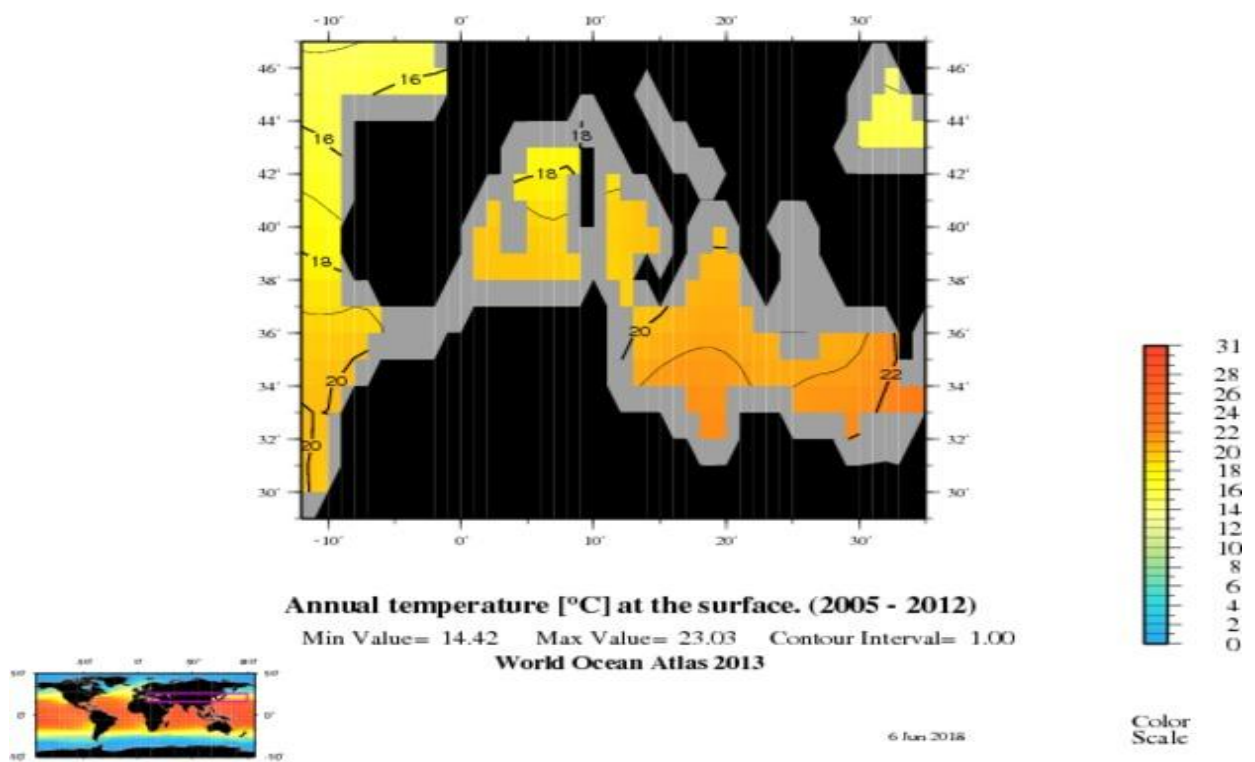


Рисунок 2.2 Розподіл середньобаторічної температури води на поверхні за період 2005-2012 рр.

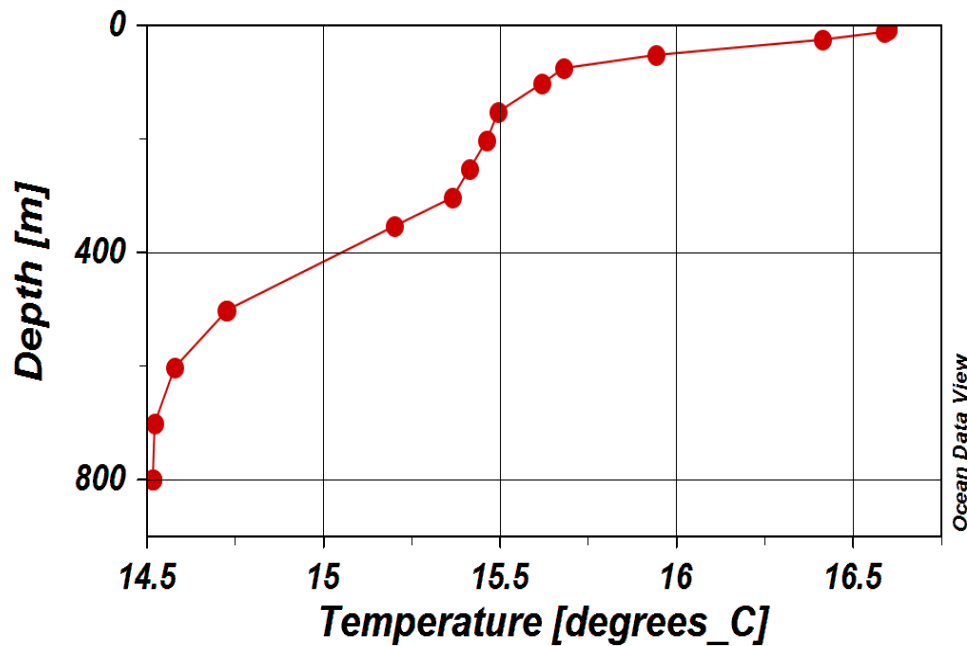


Рисунок 2.3 Вертикальний розподіл температури води у весняний сезон в західному басейні Середземного моря

2.2 Просторовий розподіл солоності морської води по вертикалі та горизонталі

Середземне море одне з найсолоніших морів Світового океану. Його солоність поверхневих вод перевищує 36‰ практично у всіх районах (виняток складають північні райони Адріатичного та Егейського морів), найбільша солоність досягається на сході моря Леванта і досягає 39.5‰. Аномально висока солоність цього моря, її мінливість у часі і просторі пояснюються географічним положенням та геоморфологічними особливостями середземноморського басейну. На графіку (рис. 2.4) показано вертикальний розподіл солоності за осередненими даними за період 2005 - 2012 рр.

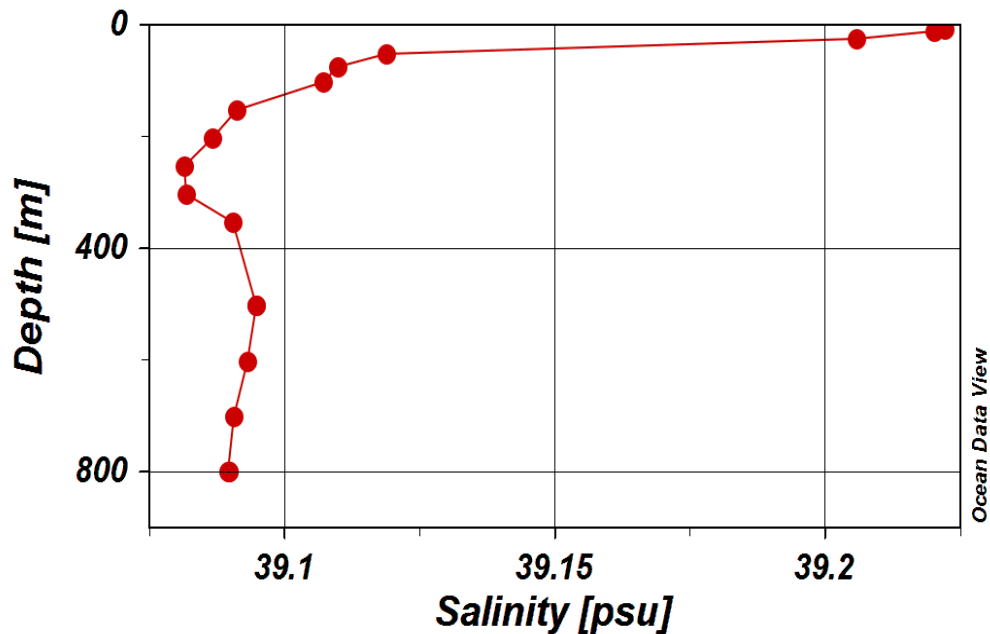


Рисунок 2.4 Вертикальний розподіл солоності морської води у весняний сезон в західному басейні Середземного моря

Хотілося відмітити, що як і з температурою, побудова графіку за осередненими даними по басейнам моря показала, що мінливість солоності проходить до глибини 800м а надалі стабілізується, це пов'язано з активними конвективними процесами які простягають до самого дна і є нормою для напівзамкнутих морів (рис.2.4).

Характерною особливістю горизонтального розподілу солоності в Середземному морі є підвищення її значень в північній частині західного, центрального та східного басейнів. На північ і південь від цієї зони солоність знижується. Такий розподіл виникає через Атлантичну воду, яка втікає крізь протоку Гібралтар і протікає з заходу на схід ближче до берегів Африки. Хоч впродовж протікання вона перемішується з водами Середземномор'я та її солоність все одно нижча за місцеву. У північній частині різниця солоності обумовлена інтенсивним річковим стоком.

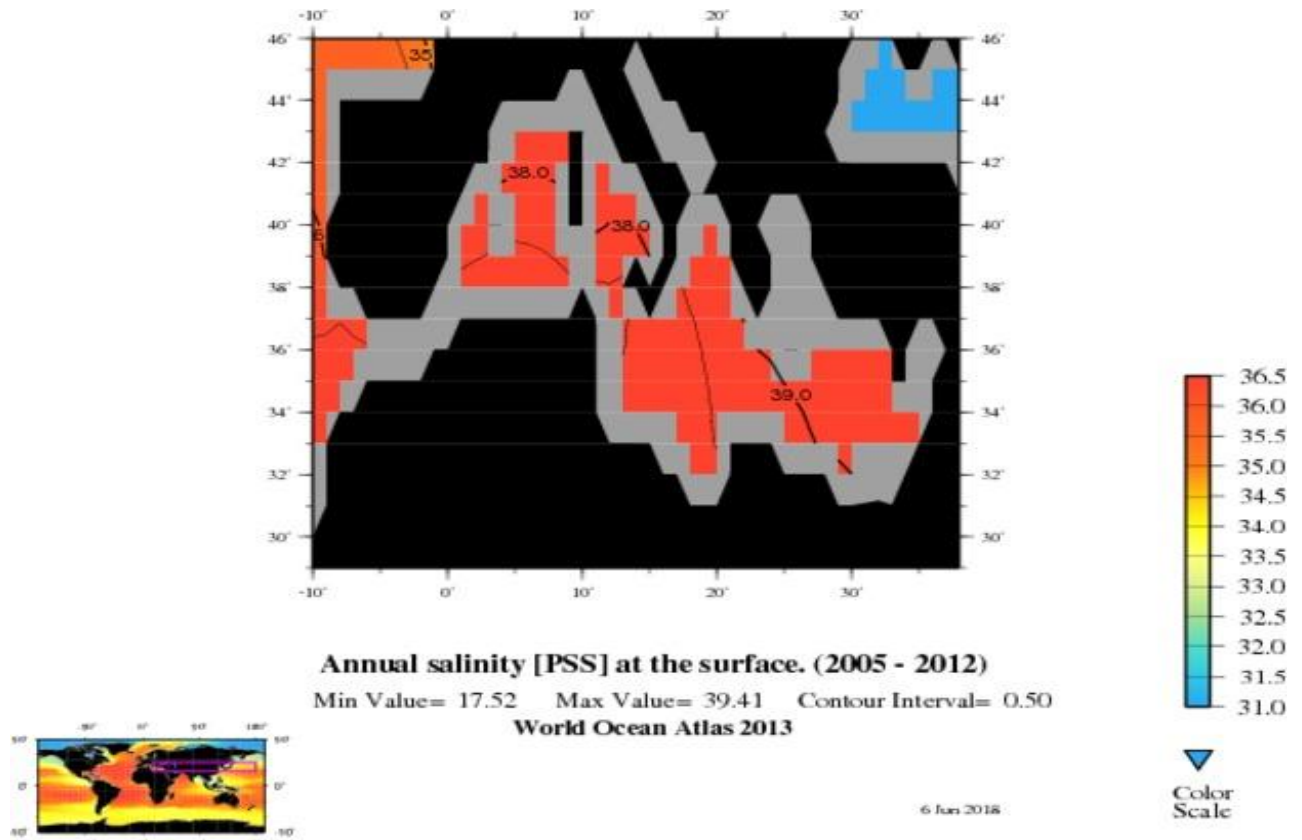


Рисунок 2.5 Горизонтальний розподіл солоності морської води на поверхні за період 2005-2012 рр.

Як видно з рис. 2.5 найбільша величина солоності спостерігається у східній частині моря (39-39.41‰), такі показники наслідок інтенсивного випаровування і малого прісного притоку (опадів та річкового стоку). В Егейському морі солоність швидко знижується за рахунок опріснених чорноморських водних мас біля протоки Дарданели і складає 29‰. На солоність центрального басейну впливають води які поступають з сусідніх морів а саме : атлантична вода низької солоності, високо солена вода моря Леванта і Критського басейну та опріснені води Адріатичного моря. Саме цьому солоність центрального басейну змінюється з 38‰ на заході до 39.41‰ на сході . Північний басейн знаходиться під впливом стоку річки По, що змінює солоність з (37‰ -38‰).

3 ВОДНИЙ БАЛАНС СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ

Визначення водного балансу Середземного моря до теперішнього часу пов'язане з багатьма труднощами, і кількісну оцінку кожної з його складових треба розглядати тільки як наближення до дійсним величинам.

Рівняння водного балансу для фіксованого середньо багаторічного рівня моря.

$$V_{on} + V_{p.c.} + V_{vt} = V_{vup} + V_{vit}, \quad (1)$$

де V_{on} – об'єм води, що надходить від опадів;

$V_{p.c.}$ – об'єм води, що надходить від річкового стоку;

V_{vup} – об'єм води, що випаровується;

V_{vt} – об'єм води, що втікає в море;

V_{vit} – об'єм води, що витікає з моря в океан.

Дефіцит води, постійно існуючий в Середземному морі, викликає зниження його рівня, що, у свою чергу, обумовлює інтенсивний компенсаційний приплив вод із сусідніх басейнів. Значні відмінності в щільності вод Середземного моря з водами, які з'єднуються з ним призводять до виникнення зустрічних течій (протитечій) в глибинних частинах проток. Наслідком цих двох чинників є посилений водообмін через протоки.

Моря, що відокремлені від Світового океану виступами континентів та островами, а особливо Середземні і внутрішньоконтинентальні моря, які з'єднуються з океаном лише протоками, найчастіше мають інші водні маси і іншу стратифікацію, ніж вони є в океані на такий самій широті. Їх водний баланс складається не тільки з атмосферних опадів, річкового стоку і випаровування, а ще і з величин водообміну через протоки

Визначення загальної кількості опадів над великими водними просторами завжди наштовхується на великі труднощі, так як прямих спостережень тут дуже мало. Тому доводиться вдаватися до даних берегових станцій. Найбільш правильні відомості про опади над морем дають острівні станції, але їх в Середземному морі небагато.

Як відомо, загальна сума опадів за інших рівних умов збільшується з висотою місця. Тому екстраполяція даних навіть острівних спостережень над опадами по акваторії моря дає завищені значення. Згідно з дослідженнями Мелора і Вюстита, в субтропічній зоні для приведення прибережних спостережень над опадами до їх кількості на рівні моря необхідно отримані шляхом екстраполяції середні дані зменшити на 20%.

Один з перших дослідників водного балансу Середземного моря Нільсен визначив середню кількість опадів над морем, рівне 450 ± 50 мм. на рік. Шотт, вважаючи, що Середземне море в порівнянні з Чорним опадами небагато, зменшив цю величину до 400 мм.. За розрахунками Дауме, те саме що кількість опадів над морем ще менше - 340 мм., так як він зменшив спостереження на прибережних станціях на 30%. Досліджуючи річний хід опадів над Середземним морем, Картер знову отримав вищу величину опадів (412 мм), тоді як за розрахунками Вюстита вона становить 380 мм. Середню кількість опадів протягом року Тіксерон оцінює в 350 мм, хоча і обумовлює якомога більшу їх величину. За нашими дослідженнями, над Середземним морем випадає в середньому 390 мм опадів на рік.

Сезонні зміни кількості опадів були визначені за даними. У річному ході атмосферних опадів над Середземним морем за даними чітко простежується їх найменша кількість в липні-серпні і найбільше - в грудні.

Обсяг вод, принесених річками в Середземне море, в оцінках різних авторів, має дуже великі відмінності. Найбільшу величину річкового стоку приводить Нільсен - $900 \text{ км}^3/\text{рік}$ з точністю до $\pm 200 \text{ км}^3$. Виключивши з цієї величини стік в Чорне море, отримаємо для Середземного моря $500 - 550 \text{ км}^3/\text{рік}$.

За літературними даними загальна кількість води, принесена великими річками в Середземне море, було визначено рівним $280 \text{ км}^3/\text{рік}$. Цей результат, очевидно, нижче фактичного стоку річок в морі. Однак, врахувавши річний хід стоку найбільших річок, що впадають в Середземне море, можна отримати представлений характер його загальної сезонної мінливості. При загальній оцінці складових водного балансу Середземного моря можна прийняти середню величину річного стоку річок - 430 км^3 .

Річний хід річкового стоку був визначений за даними . Більшість річок, що впадають в Середземне море, відрізняються типовим середземноморським режимом, для якого характерні маловодність річок влітку (мінімум - в серпні-вересні) і повільний взимку - ранньою весною (максимум - в лютому-березні). Такі сезонні зміни в стоці річок знаходяться в прямій залежності від кількості опадів, що випадають над водозбірною площею басейну Середземного моря: екстремуми в припливі річкових вод наступають з деяким запізненням (на 1-2 місяці) по відношенню до відповідних крайніх значень атмосферних опадів. Виняток становить р. Ніл, у якій паводок спостерігається з серпня по жовтень (максимум у вересні), а найменший стік в морі - в квітні-травні.

В умовах субтропічного середземноморського клімату випаровування належить до найважливіших складових частин водного балансу, що має величезний вплив на гідрологічний режим моря. Однак відсутність надійних прямих вимірювань випаровування за тривалий час змушувало вдаватися до непрямих методів його розрахунку, в основному як залишкового члена рівняння водного балансу Середземного моря могла б характеризувати величина 1200 мм. на рік [13].

Дослідження випаровування базувалися на численних кліматологічних посібниках вітчизняного і зарубіжного видання. У його річному ході вдалося виявити два максимуму (у вересні та грудні) і основний мінімум в травні. Однак середньорічна величина випаровування (близько 850 мм) виявилася значно заниженою за рахунок сильного осереднення

гідрометеорологічних характеристик (в першу чергу, вітру) в обраних нами квадратах, приурочених до середини кожного з основних басейнів Середземного моря. Можна скористатися середньою його величиною 1250 мм, яка добре узгоджується також з даними.

У річному ході випаровування в Середземному морі чітко простежуються два максимуму (вересень 130 мм і листопад 127 мм) і основний мінімум (65 мм) в травні. Прийняті середні річні величини опадів, річкового стоку і випаровування близькі до їх реальних середньо-багаторічних значень. Тоді знайдений за цими даними дефіцит в бюджеті прісних складових Середземного моря дорівнює 1700 км³ / рік.

Цей прісний дефіцит води постійно існує в Середземному морі, викликає зниження його рівня, що, в свою чергу, обумовлює інтенсивний компенсаційний приплив вод із сусідніх басейнів. Значні відмінності в щільності вод Середземного моря з водами прилеглими з басейнами призводять до виникнення зустрічних течій (протитечій) в глибинних частинах проток. Наслідком цих двох чинників є посилений водообмін через протоки.

Протягом більшої частини року спостерігається значне превалювання припливу вод в Середземне море з максимумом в серпні (120 мм, або близько 300 км³ в місяць). Тільки в грудні і січні відбувається слабкий результуючий винос з Середземного моря (грудень 19 мм, або близько 50 км³ на місяць).[11]

3.1 Водообмін крізь протоку Гібралтар

Більшість Середземноморських проток з'єднують басейни з різною термохаліною структурою вод. Течії в протоках, які з'єднують окремі частини Середземного моря, вивчені ще не дуже добре, а інформація про водообмін в них має багато точок зору.

Середземне море пов'язане з іншими районами Світового океану Гібралтарською протокою, протоками Дарданелли і Босфор і Суецьким каналом. Приплив вод через Суецький канал, що становить близько $5 \text{ км}^3/\text{рік}$, що не вносить істотного впливу на гідрологічні умови моря Леванту і тому його можна не брати до уваги. [5]

Гібралтарська протока має ширину приблизно 14.5 км, та довжину 65 км, глибина на фарватері 338 м. Таким чином він повністю ізолює Середземне море від впливу холодних глибинних вод Атлантичного океану. На структуру та інтенсивність течій в Гібралтарській протоці великий вплив спричиняє вітер. Впливу вітру схильна в основному поверхнева течія. Взимку, коли домінуючі західні вітри збігаються з напрямом течії, інтенсивність його зростає, а товщина шару транспортуємих їм вод значно зменшується. У літню пору східні вітри зменшують швидкість атлантичної течії (часом можуть навіть призупиняти його), що тягне за собою значне збільшення товщі поверхневої течії. Сезонні коливання в перенесенні атлантичних вод поверхневою течією, викликані вітром, здійснюють істотний вплив і на інтенсивність перенесення води глибинною течією. Крім того, річний хід різниці рівнів між Атлантичним океаном і Середземним морем і сезонні відмінності в термохалінній структурі вод цих басейнів також призводять до значної мінливості різнонаправлених течій. Таким чином, положення граничної поверхні між різнонаправленими течіями в Гібралтарській протоці протягом року не залишається постійною: її коливання в Кадіській затоці (західний бік протоки) досягають лише одного метра, тоді як в Альборанському морі (біля східного входу в протоку) можуть досягати 100 м і більше. Різниця в термохалінній структурі вод Середземного моря та Атлантичного океану обумовлює рух проміжних вод в західному напрямку і стік їх в Атлантичний океан в придонному шарі Гібралтарської протоки (цей процес добре показаний на рисунку 2.7). Внаслідок стоку в придонному шарі Середземноморської води на поверхні Гібралтару формується так звана компенсаційна течія яка проходить вздовж берегів

Африки до Туніської протоки, вона є наслідком різниці термохалінної структури вод і різниці глибин басейнів Середземного моря та Атлантичного океану. Побудовані карти швидкостей течій показують, що води Атлантики входять в Середземне море на глибині від 0 до 200-250 м, також дуже добре простежується перенос проміжних середземноморських вод в Атлантичний океан. Він починається з глибини 250 м від поверхні і проходить з дна східної частини поступово до бар'єру Гібралтару де глибина становить 338м. Далі як ми бачимо водна маса поглиблюється до 500 м і контактує з гало клином атлантичних холодних вод, внаслідок цього змінює глибину до 350-400 м (рис. 2.6) .

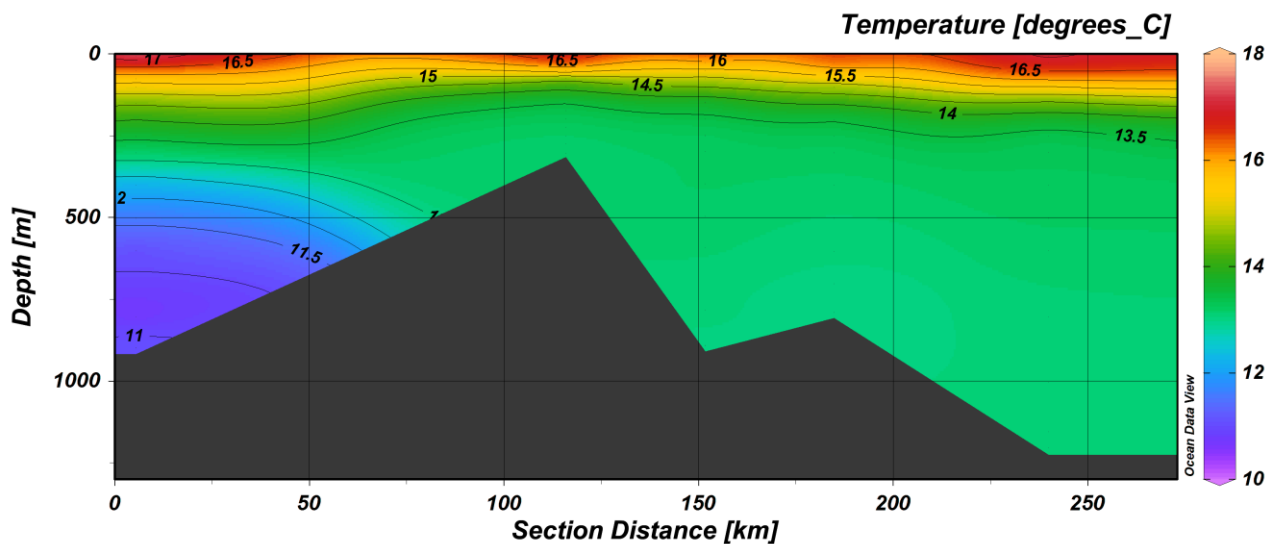


Рисунок 2.6. Просторовий розподіл температури води в протоці Гібралтар.

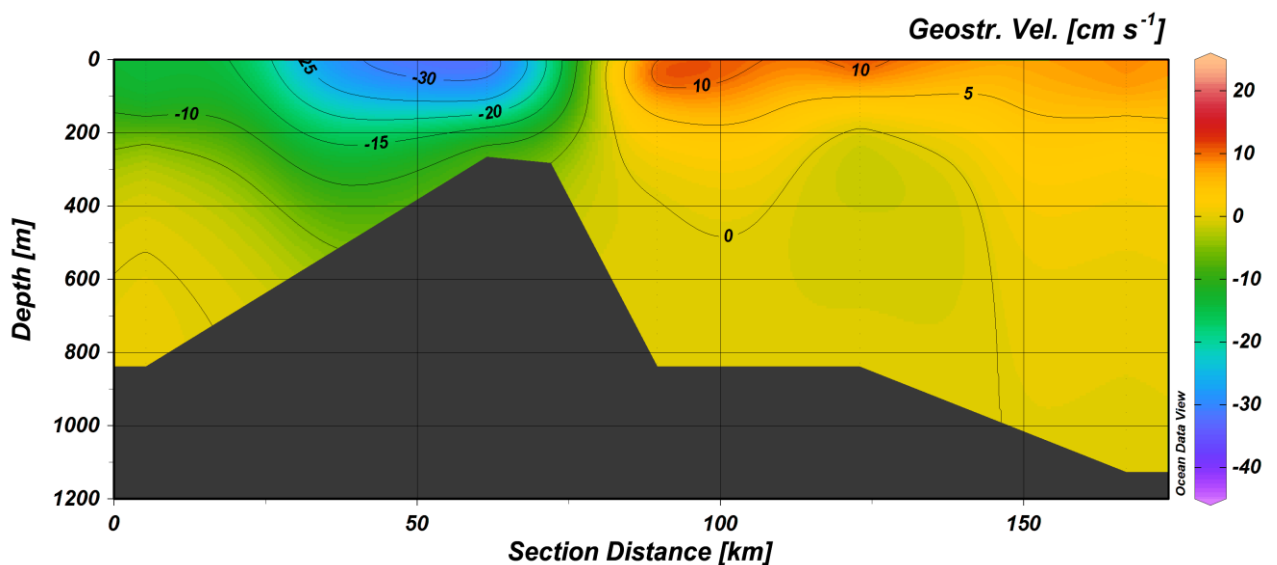


Рисунок 2.7. Просторовий розподіл швидкостей течій в протоці Гібралтар

4. ЦИРКУЛЯЦІЯ ВОД СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ

Середземне море - своєрідний внутрішній морський басейн, гідрологічний режим якого досить складний. Один з основних факторів, що формують гідрологічну структуру Середземного моря, розташованого в зоні субтропічного клімату, являє собою випаровування. Інтенсивне випаровування з поверхні моря, що не компенсуються річковим стоком і атмосферними опадами, визначає аномально високі значення солоності і щільності власне середземноморської води, призводить до значного зниження рівня моря і компенсаційному притоку вод із сусідніх басейнів. Постійний водообмін з Атлантичним океаном і Чорним морем створює велику перешарованість за густиною води по вертикалі. Води атлантичного походження, що мають більш низьку солоність, простежуються в поверхневому шарі по всій акваторії моря від Гібралтарської протоки до східних берегів. Поширення опріснених чорноморських вод, приплив яких дуже малий у порівнянні з припливом води з Атлантики, обмежується впливом на поверхневий шар Егейського моря. [28] Факт поширення атлантичних вод по всьому морю привів перших дослідників течій в Середземному морі до висновку про існування генерального перенесення цих вод уздовж узбережжя Африки із заходу на схід, а потім у зворотному напрямку - вздовж північних берегів моря. На рисунку 4.1 представлена циркуляція поверхневих течій в Середземному морі.

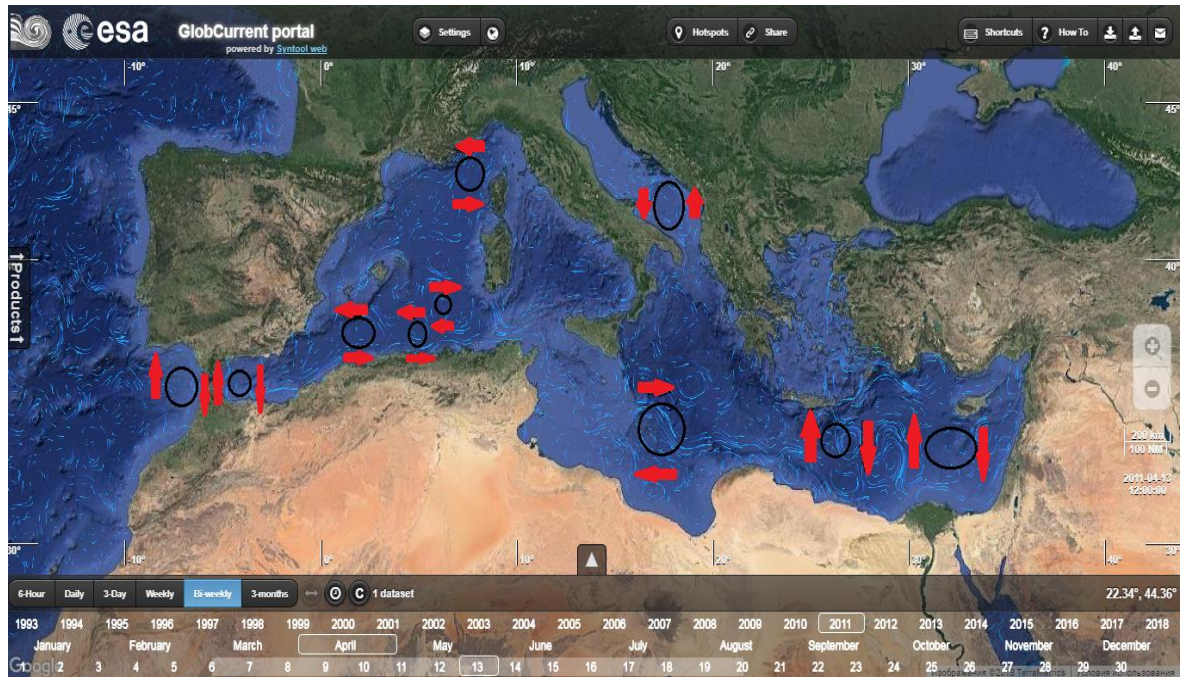


Рисунок 4.1. Циркуляція вод в Середземному морі.

Вплив течій на гідрологічну структуру чітко виражений на діаграмах вертикального розподілу температури та солоності (рисунок 2.3, 2.4). Поверхнева частина цих графіків показує «ядро» вод з пониженою солоністю що відповідає переносу Північно-Африканською течією атлантичних поверхневих вод з заходу на схід. Середня частина графіків навпаки відображає перенос високосолоних вод в проміжних шарах моря зі сходу на захід. Дослідження поверхневих течій Середземного моря дали можливість виявити найхарактерніші (основні) їх особливості і скласти схему середньої сталої циркуляції вод на його поверхні. Ці особливості полягають в наступному. Стійкість основного зонального течії вздовж північних берегів Африки, що переносить води атлантичного походження із заходу на схід, дає всі підстави віднести його до постійних течій і назвати Північно-Африканським [28]. Зліва від Північно-Африканського течії в окремих відокремлених районах Середземного моря розташовується серія циклонічних кругообігів, з яких необхідно виділити: альборанській циклонний круговорот, добре розвинений в підповерхневих горизонтах; іспано-алжирський циклонний круговорот; алжиро-прованський циклонний

круговорот з центром на північ від Балеарських островів і локальними замкнутими завихреннями в Лігурійському морі і Ліонському затоці; Тірренське циклонний круговорот, що складається з декількох відокремлених циркуляцій води проти годинникової стрілки; іонічний циклонний круговорот; кіренаїкський циклонний круговорот; левантійський циклонний круговорот, який об'єднує рух вод проти годинникової стрілки в північно-східній частині моря Леванту; Афон-Хіоський і критський циклонічні кругообіг в середній і південній частинах Егейського моря відповідно; адріатичний циклонний круговорот, в якому чітко простежуються відокремлені замкнуті кругообіг в середній і південній частинах Адріатичного моря. На південь від Північно-Африканського течії спостерігається кілька стійких антициклонічних круговоротів: марокканський - в південно-західній частині Альборанського моря; лівійський, що підрозділяється на два самостійних кругообігу в затоках Малий і Великий Сирт; крито-африканський - в східному басейні між о. Крит і дельтою Нілу.[28] У центральному і східному басейнах Середземного моря переважає односпрямований перенесення поверхневих і проміжних вод. Швидкість поверхневих течій в центральному і східному басейнах значно вище, ніж в західному. З глибиною швидкість течій швидко зменшується. Однак в проміжних шарах (на глибинах 200-400 м) вона ще досить велика і досягає 5-10 см/с. Це свідчить про те, що і на проміжних горизонтах в центральному і східному басейнах спостерігається більш інтенсивне перенесення вод, ніж в західному. Ступінь загасання швидкості течій з глибиною в залежності від району може бути різною. Вертикальна структура течій, в літній сезон своїм характером схожа з зимової структурою течій. В поверхневому шарі товщиною до 100-150 м (у Гібралтарської протоки до 250-300 м) чітко видно перенесення атлантичних вод із заходу на схід. Швидкість руху цих вод коливається в межах від 2 до 15 см / с, зменшуючись, як правило, в східному напрямку. В проміжних шарах від середньої частини центрального басейну до Гібралтарської протоки

відбувається перенос левантійських вод в напрямку, протилежному руху атлантичних вод зі сходу на захід. Швидкість перенесення левантійський вод проміжною протитечією дещо менше і досягає 1-3 см/с. У східному басейні Середземного моря переважає односпрямований по глибині рух вод. Величини швидкостей течій в поверхневому шарі досягають в середньому 5-15 см / с, а на горизонтах 200-300 м 2-5 см / с. В літній сезон інтенсивність циркуляції поверхневих вод помітно знижується. Ослаблення циркуляції вод в поверхневому шарі більш чітко виражено в західному і центральному басейнах Середземного моря, над якими сила вітру в літній час значно зменшується. Дрейфові течії Середземного моря в основному направлені з півночі на південь.[28]

Глибина частина Середземного моря, ізольована порогом Гібралтарської протоки від впливу холодних глибинних вод Атлантичного океану, заповнена порівняно теплими водами середземноморського походження. Основний осередкок формування цих вод знаходиться в східному басейні, в Левантійському морі, де в зимовий час вертикальне конвективне перемішування розвивається до великих глибин і може досягати дна. З району формування глибинні середземноморські води, поширюються в західному напрямку напрямку і заповнюють глибинні шари Середземного моря. На циркуляцію вод Середземного моря важливий вплив надають складні обриси берегової лінії, так як великі півострови і острови ділять Середземне море на кілька майже ізольованих один від одного басейнів. Ізоляція окремих басейнів певною мірою сприяє формуванню замкнутих кругообігів води. Також особливості циркуляції вод в Середземному морі залежать і від рельєфу дна. Тут найбільш важливу роль відіграють ухили дна, а також порівняно неглибокі пороги в протоках, що частково обмежують водообмін поверхневих, проміжних і глибинних вод між окремими басейнами.

5. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У якості вихідних матеріалів у роботі використані дані Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA). Вихідними матеріалами є дані натурних експедиційних досліджень розподілу температури та солоності морської води. У роботі за допомогою програмного продукту OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017) побудовані карти просторового розподілу температури, солоності, густини морської води та просторового розподілу швидкостей течій в різних акваторіях Середземного моря та в Атлантичному океані поблизу Гібралтарської протоки (рис.5.1).

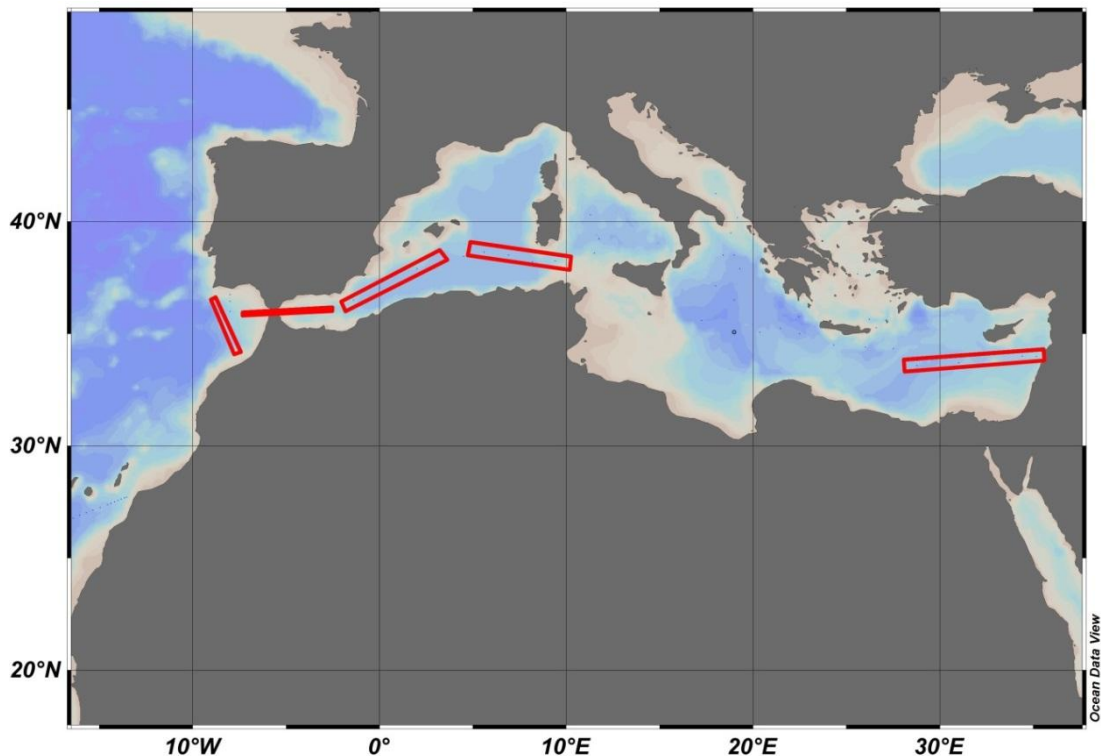


Рисунок 5.1. Розташування розрізів в акваторії Середземного моря

За допомогою швидкостей течій розраховані витрати води. Для розрахунку водообміну моря з океаном використані середньорічні дані атмосферних опадів та річні норми випаровування за період 1980-2015 рр., отримані з Національного центру кліматичних даних США (NCDC) – Global Historical Climatology Network-Monthly Dataset [21]

Програма «Ocean data view (ODV)» за допомогою якої проводилася обробка гідрологічної інформації - це комп'ютерна програма для інтерактивного дослідження і графічного відображення океанографічних та інших даних, які мають географічну прив'язку профілю, траєкторії і т.д.

ODV дозволяє користувачеві зберігати і аналізувати великі набори даних на недорогому і портативному обладнанні. Також ODV підтримує п'ять різних картографічних проекцій і використовується для одержання високоякісних морських карт. ODV-формат дозволяє зберігання величезної колекції даних за гідрофізичними і гідрохімічними показниками морського середовища, з мільйонами станцій, і забезпечує дуже швидкий доступ до даних. Дані ARGO, GTSP, CCHDO, World Ocean Database, World Ocean Atlas, World Ocean Circulation Experiment (WOCE), SeaDataNet, Medar/Medatlas можуть бути безпосередньо імпортовані в ODV. Існують готові версії WOCE даних, а також багато інших геофізичних наборів даних, які мають прив'язку до сітки Атласу Світового океану 2009, 2005 і 2001 рр. Достоїнство програми полягає у відображенні даних ряду станцій у вигляді діаграм розсіювання, розрізів, поверхонь, різних видів подання інформації на станціях. Також за допомогою програмного продукту ODV можливо обчислення геострофічних швидкостей течій, побудова різниці полів різних характеристик, що і було виконано в даній роботі. Інформаційна технологія використання ODV надає наступні можливості: відображення даних обраної станції; відображення даних декількох станцій; колірне виділення маршрутів експедицій; виділення параметрів на загальній карті; відображення змін гідрологічних характеристик у часі; анімація.

На обраній ділянці карти можна виділяти дані: рейсу; номери і типи станцій; інтервал часу; інтервал широт і довгот; якість вимірювань.

ODV має для океанологів незаперечні переваги перед іншими геоінформаційними системами своєю океанографічною спрямованістю.

6. РОЗРАХУНКИ ВОДООБМІНУ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ З ОКЕАНОМ

Водообмін будь-якого моря з океаном має важливе значення для формування вертикальної структури моря і характеристик водних мас відповідних структурних зон. Головне значення в тому, які саме об'єми вода перемішуються через протоки, мають ширина і глибина протоків, тобто площа перерізу в протоках. Але й при не дуже значній ширині протоки, якщо там не існує високого порога, в морі будуть проходити всі шари води з океану. При наявності порога при будь-якій ширині, протоки в море мають можливість проходити лише такі шари води, що в океані розташовані вище порога. В цьому випадку в морі будуть формуватися свої водні маси в залежності від знаку прісного балансу.

В обох випадках - як при позитивному, так і при негативному прісному балансі, через протоку здійснюється водообмін з океаном. Об'єми води, яка надходить з нього, залежить від площі перетину протоки (або проток, якщо їх декілька), а також і від розмірів самого моря. Від співвідношення між шириною та глибиною протоки з одного боку і шириною та глибиною самого моря залежить і швидкість трансформації води, яка поступає в море.

Перевищення прісної води, яка надходить з атмосферних опадів і річкового стоку, над її випаровуванням призводить до того, що поверхневий шар води в морі "розпріснюється", тобто солоність його зменшується, а рівень моря підвищується. Ступінь розпріснювання може бути різною і залежить не тільки від величини позитивного прісного балансу, а і від того, наскільки море відокремлено від океану (від коефіцієнту ізоляції). Але в будь-якому морі з позитивним прісним балансом приблизно на глибині порога в протоці утворюється галоклін - шар зі значними градієнтами солоності і густини води, який перешкоджає утворенню глибокої конвекції навіть у тих випадках, коли зимовий період довгий і з низькою температурою у верхньому шарі води. На глибині порога в протоці виникає різниця тиску

води на різних кінцях протоки. Більш солоні вода у придонному шарі протоки потраплятиме в море, а більш легка поверхнева вода самого моря буде витікати з моря в океан.

У тих випадках, коли випаровування води з поверхні моря буде перевищувати притік води від атмосферних опадів і річкового стоку, солоність води в морі підвищується у порівнянні з океаном. На глибині порога тиск води буде вищим з боку моря. Під дією сили градієнта тиску солоніша вода в придонному шарі протоки витікатиме з моря в океан. Але в морі за рахунок випаровування рівень знижується. Придонна течія посилює падіння рівня в морі. З цієї причини у верхньому шарі протоки утвориться течія з океану в море (внаслідок нахилу рівня).

Таким чином, при позитивному, так і при негативному прісному балансі у протоці, яка з'єднує море з океаном утворюється двохшарова система течій, з яких придонна є термохалінною, а поверхнева - стічною, тобто існує певний водообмін між морем та океаном (безпосередньо або через інше море). У цьому водообміні деяку участь приймає і вітер, який підвищує або знижує швидкість поверхневої течії, але в середньому за рік повинен здійснюватись баланс води в морі, тому що рівень в ньому (середній за рік) змінюється мало, а за багаторічний період середній річний рівень залишається постійним, що може бути тільки при умові збалансованості притоку і відтоку води в середньому за рік. Баланс води розраховується таким чином:

$$V_{\text{вит}} = V_{\text{вт}} \pm V_{\text{пр}}; \quad (6.1)$$

де $V_{\text{вит}}$ - об'єм води, яка витікає з моря крізь протоку,

$V_{\text{вт}}$ - об'єм води, яка поступає в море крізь протоку,

$V_{\text{пр}}$ - прісний баланс моря.

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{оп}} + V_{\text{р.с}} - V_{\text{вип}} ; \quad (6.2)$$

де $V_{\text{оп}}$ - об'єм вод, що надходить від опадав за рік,

$V_{\text{р.с}}$ - об'єм річкового стоку, що надходить за рік,

$V_{\text{вип}}$ - об'єм води, що випаровується за рік.

В роботі за допомогою прісного балансу (табл.6.1) розраховані об'єми води, яка поступає з океану та витікає в океан з моря, а також час поновлення поверхневої атлантичної та проміжної середземноморської води, враховуючи, що крізь Гібралтарську протоку в океан витікає саме ця водна маса.

Таблиця 6.1. Середньорічні значення опадів, річкового стоку та випаровування в Середземному морі (км³)

Середньорічні опади	Річковий стік	Випаровування	Прісний баланс моря
975	525	-3202	-1702

Прісний баланс обчислений на підставі спостережень, але об'єми води які поступають у море і виходять з нього крізь протоки можна оцінити лише з рівнянь водного та сольового балансу :

$$V_{\text{вит}} \cdot S_{\text{вит}} = V_{\text{вт}} \cdot S_{\text{вт}} ; \quad (6.3)$$

Солоність води добре відома (досліджена) в усіх морях і океанах, тому обчисливши прісний баланс ($V_{\text{пр}}$) і враховуючи відомі значення солоності по обидва боки протоки - в океані і в морі, обчислені річні об'єми водообміну крізь протоку на підставі використаних рівнянь (6.1- 6.3).

Отримані результати показали, що об'єми води, які витікають з Середземного моря в Атлантику в придонному шарі Гібралтарської протоки

складають 32330 км³/рік. Оскільки придонна течія посилює падіння рівня в морі, з цієї причини у верхньому шарі протоки утворюється течія з океану в море (внаслідок нахилу рівня). Об'єми води, що потрапляють з океану в поверхневому шарі протоки складають 36040 км³/рік.

Також в роботі проведена оцінка часу поновлення водних мас:

$$t = \frac{W_{маси}}{V_{вт}} , \quad (6.4)$$

де $W_{маси}$ - об'єм конкретної водної маси в морі;

$V_{вт}$ - щорічний притік (або формування в самому морі) цієї водної маси.

Розрахувавши об'єм проміжної водної маси великої солоності ($875 \cdot 10^3 \text{ км}^3$) та щорічний притік атлантичної води в Середземне море ($36,04 \cdot 10^3 \text{ км}^3$), отримали, що для повного оновлення проміжної середземноморської води необхідно 24 роки. Також розрахований час оновлення поверхневої атлантичної води, що складає 13,9 років при розрахованому об'ємі поверхневої атлантичної водної маси $500 \cdot 10^3 \text{ км}^3$. Також в роботі побудовані карти просторового розподілу гідрологічних характеристик на розрізах в різних акваторіях Середземного моря (рис.5.1), а також на розрізі в акваторії Атлантичного океану поблизу Гібралтарської протоки.

Один з районів дослідження знаходиться поблизу Гібралтарської протоки в акваторії Атлантичного океану. В даній акваторії побудовані карти просторового розподілу гідрологічних характеристик (рис.6.2) Аналіз карт, показав, що виходячи з протоки в океан, середземноморська вода занурюється спочатку в проміжний шар, де вона розповсюджується в Центральній Атлантиці, займаючи площу між двома субполярними водними масами. Поступово вона трансформується, її солоність і температура зменшується, а її ядро опускається вниз, що підтверджується побудованою картою просторового розподілу солоності морської води (рис.6.2) та T,S-

кривої (рис.6.1) , де ядро проміжної водної маси простежується на глибинах 900-1400 м. в акваторії 8,2 - 8,8⁰з.д. Це підтверджується також побудованою Т,S-кривою на розрізі поблизу гібралтарської протоки. Аналізуючи Т,S-криву можна класифікувати наступні водні маси по глибині : поверхнева (0-50 м.) та підповерхнева водна маса (50-100 м), проміжний шар підвищеної солоності (350-800 м), глибинні води (900-2500м) (рис 6.1)

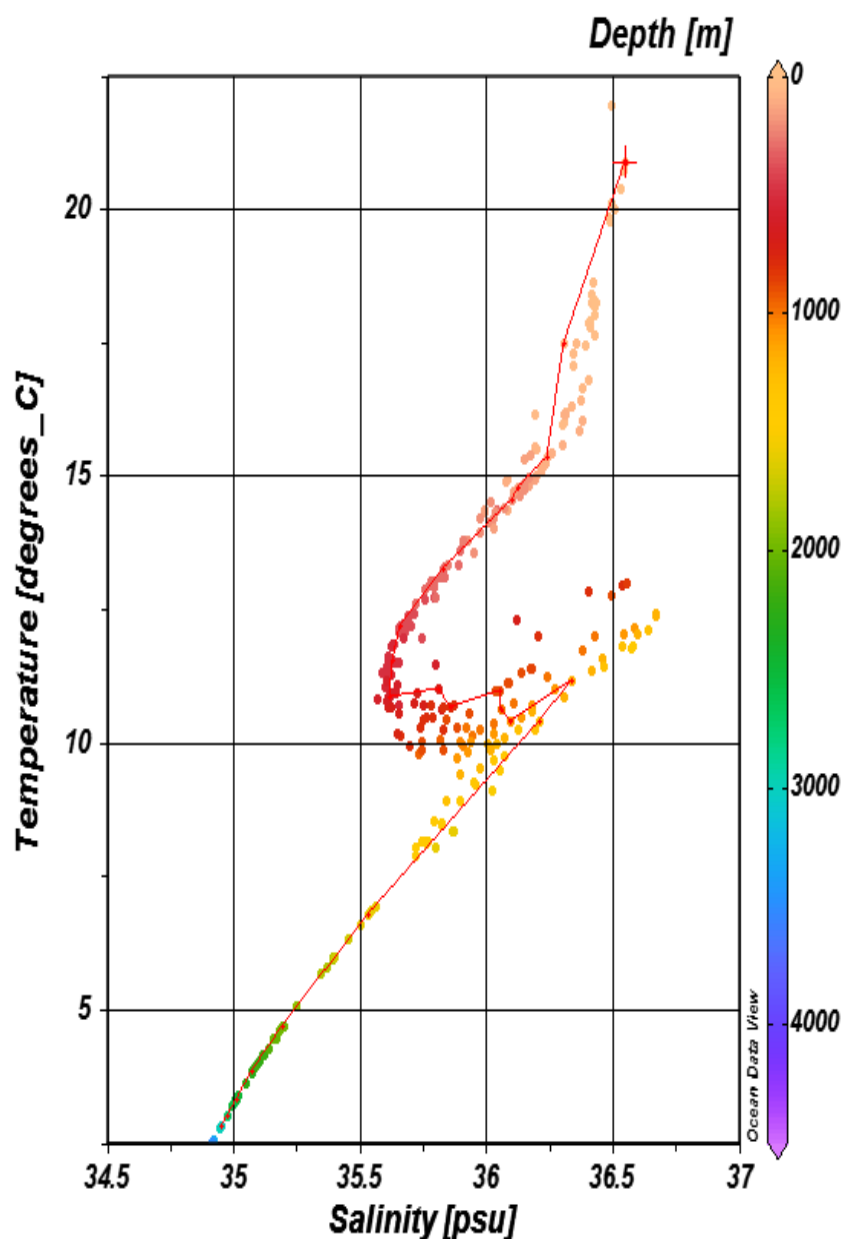


Рисунок 6.1. Т,S-крива на розрізі поблизу Гібралтарської протоки

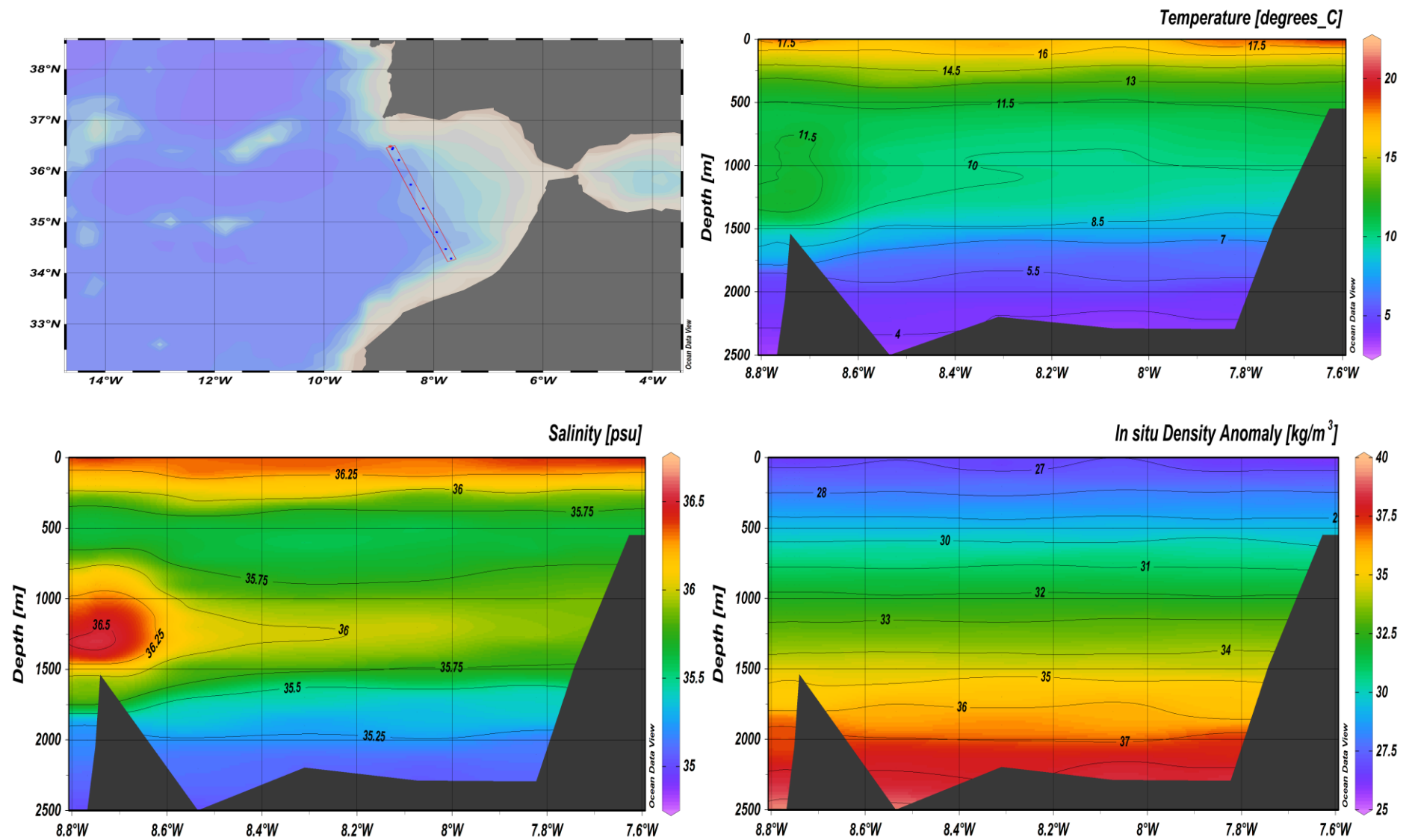


Рисунок 6.2. Просторовий розподіл гідрологічних характеристик на розрізі в акваторії Атлантичного океану (квітень 2011 р.)

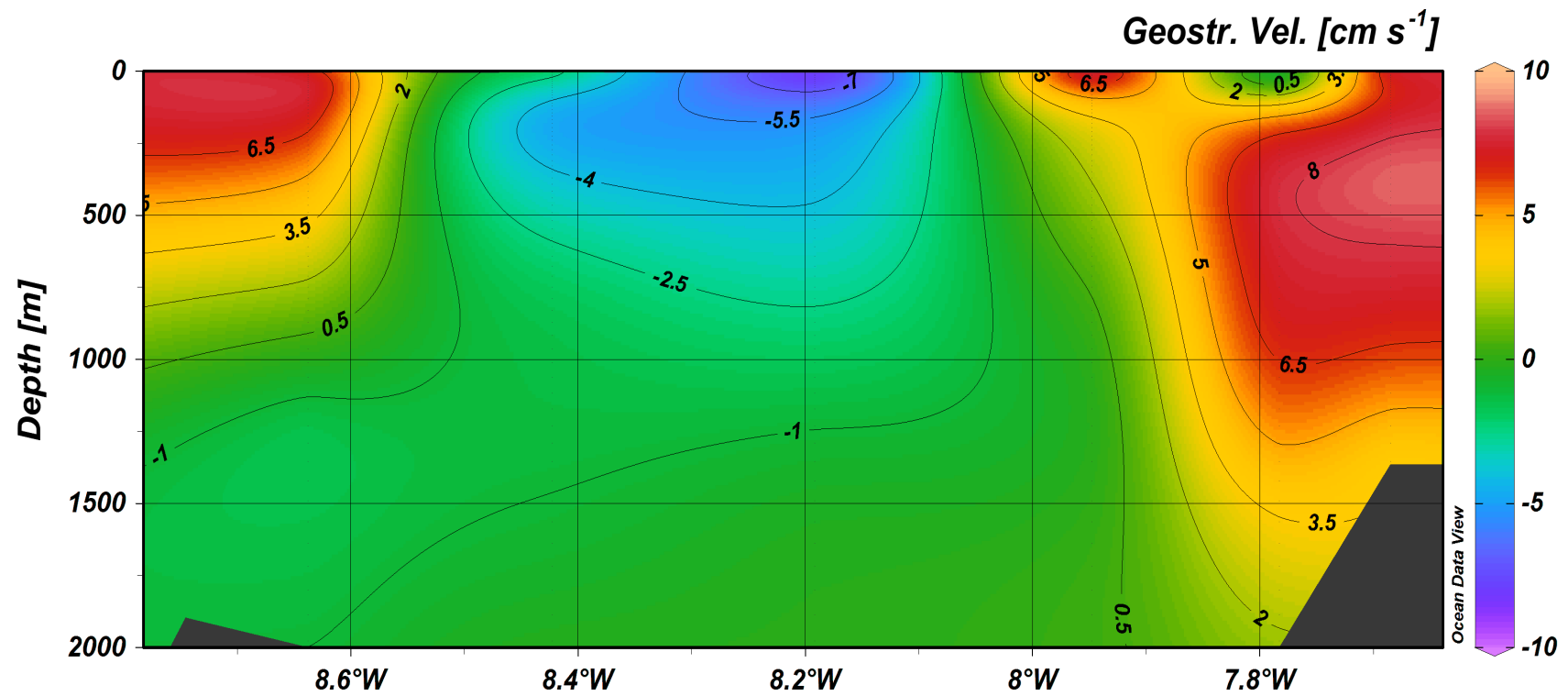
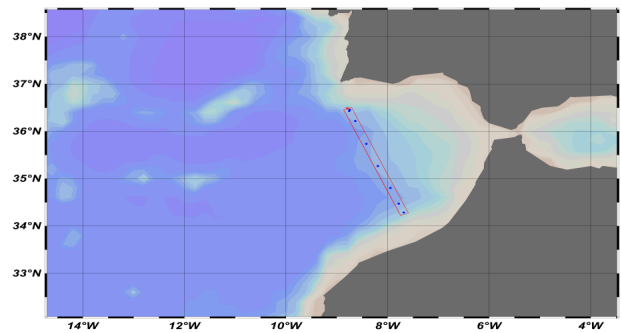


Рисунок 6.3. Просторовий розподіл швидкостей течій на розрізі в Атлантичному океані.

На (рис.6.4) представлені карти просторового розподілу температури, солоності, густини морської води та швидкостей течій в Гібралтарській протоці. На рисунку видно, що поверхнева течія, переносить води із Атлантичного океану в Середземне море, в найбільш вузькій частині Гібралтарської протоки охоплює шар до 150-175 м. По мірі просування від Гібралтарської протоки до західного басейну Середземного моря швидкості течій на поверхні змінюються від 60 до 30 см/с. За літературними даними швидкості течій в самій вузькій частині протоки можуть досягати 100 см/с і більше. В нашому випадку, отримані швидкості течій до 60 см/с, що пов'язано з впливом вітру. Оскільки швидкості течій розраховані за даними температури та солоності морської води у квітні місяці (2011р.), в цей сезон року західні вітри слабшають та більш посилюються східні вітри, і тим самим зменшують швидкість атлантичної течії (часом можуть навіть зупинити її), що призводить до значного збільшення товщини поверхневої течії. В глибинній частині протоки спостерігається перенос середземноморських вод у зворотному напрямку зі швидкістю 10-15 см/с. Також аналізуючи карти просторового розподілу гідрологічних характеристик на даному розрізі, потрібно відмітити, що район між 6^0 - $6,7^0$ з.д. характеризується високими градієнтами температури та солоності ($\text{grad}(S^0_{/00}=2.4)$) морської води.

На розрізі в Гібралтарській протоці за допомогою побудованих карт просторового розподілу швидкостей течій розраховані витрати води:

$$q_j^i = \bar{C}_j^i \cdot L^i \cdot 1852 \cdot \Delta P_j^i, \text{ (м}^3\text{/с);} \quad (6.1)$$

де q_j^i - витрата води;

L^i - відстань між i та $i+1$ станцією в милях;

$$Q^i = \sum_{j=1}^{n-1} q_j^i, \text{ м}^3\text{/с,} \quad (6.2)$$

де Q^i - сумарна витрата води

Витрати води розраховані відносно 700-децибарової поверхні. Додатні витрати води показують напрямок на північ і схід, від'ємні,

відповідно, на південь і захід. Отримані результати показали, що від'ємні витрати води складають $10,9 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$, що свідчить про основний потік вод в поверхневому шарі води, який направлений з заходу на схід. В глибинній частині протоки де спостерігається перенос середземноморських вод в океан, витрати води склали: $2,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для дослідження гідрологічного режиму Середземного моря вибрані розрізи в західній, південно-західній та східній частинах моря (рис. 5.1). Розглядаючи розподіл гідрологічних характеристик на розрізі в західному басейні моря видно, що виходячи з Гібралтарської протоки, води атлантичного походження рухаються єдиним потоком на схід уздовж південного берега Піренейського півострова, а потім, повернувши на південний схід (приблизно на $3-4^\circ$ з.д.), притискаються до африканського узбережжя і слідує уздовж нього до Туніської протоки. (рис. 4.1) На $4-5^\circ$ сх.д. від основної течії відділяється гілка атлантичних вод, яка йде на північний схід у напрямку до о. Корсика. Вертикальна структура течій на розрізі в Туніській протоці коливається в межах від 2 до 15 см/с.

У східному басейні Середземного моря (рис. 6.8) переважає односпрямований по глибині рух вод. Величини швидкостей течій в поверхневому шарі досягають в середньому 5-15 см/с, а на горизонтах 200-300 м 2-5 см/с (рис.6.10).

У проміжних шарах від середньої частини центрального басейну до Гібралтарської протоки відбувається перенос левантійський вод в напрямку, протилежному руху атлантичних вод, тобто зі сходу на захід. Швидкість перенесення левантійських вод проміжною протитечією дещо менше, ніж взимку, і досягає 1-3 см/с.

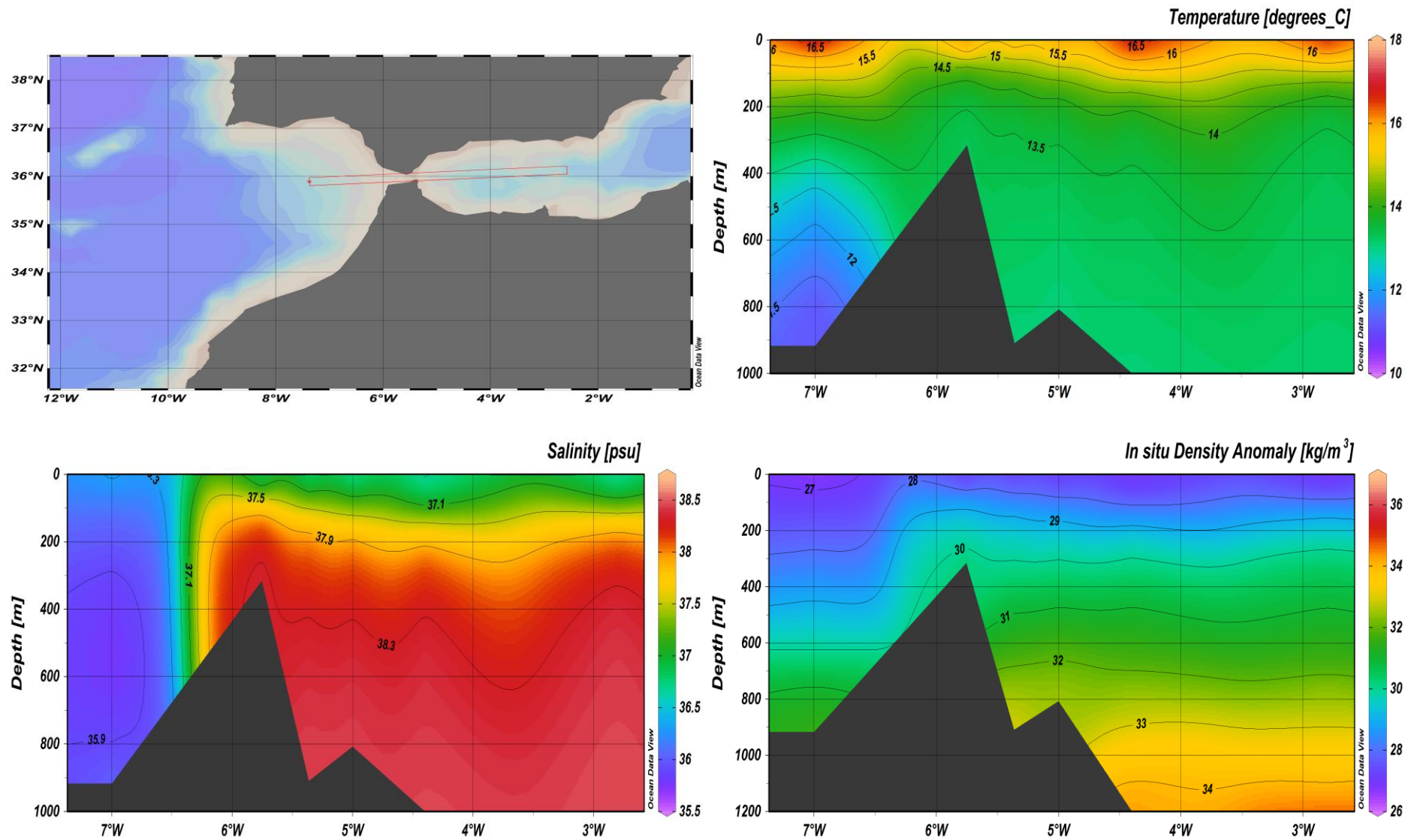


Рисунок 6.4. Просторовий розподіл водних мас та їх характеристик в Гібралтарській протоці (квітень 2011 р)

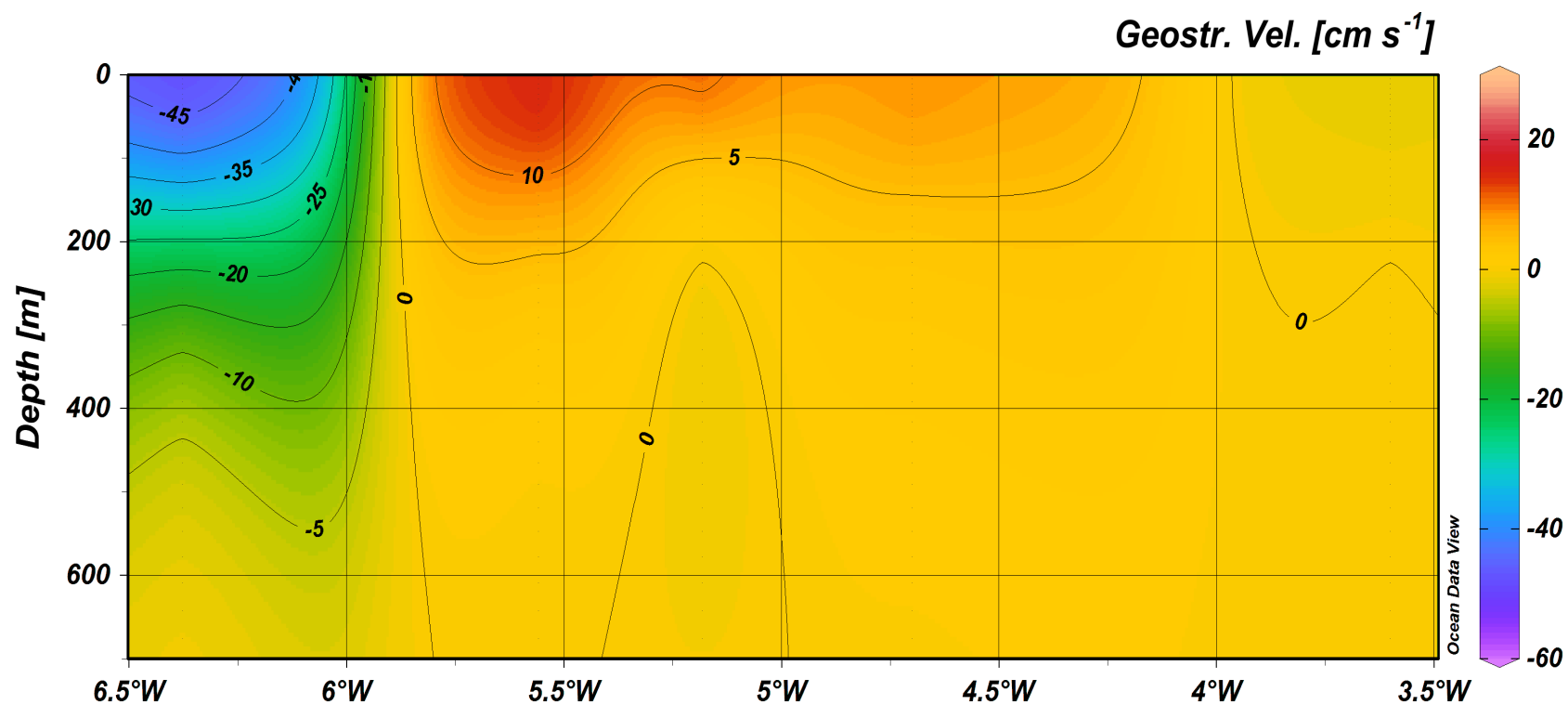
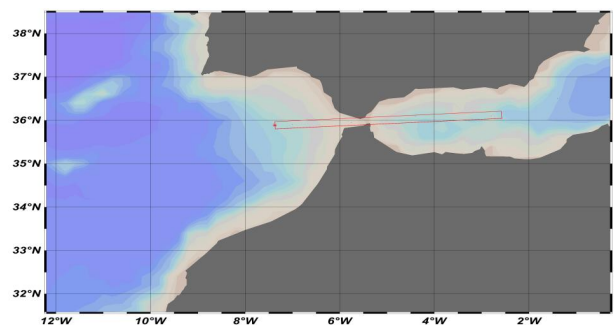


Рисунок 6.5. Просторовий розподіл швидкостей течій в протоці Гібралтар

Для простежування шляху поверхневих та під поверхневих вод були побудовані також три розрізи у Середземному морі а саме у західному та східному басейні а також в середній частині поблизу Туніської протоки. Розріз в західній частині (рис. 6.6) показує нам що починаючи з 250 метрів такі характеристики як температура та солоність стабілізуються на одному значенні, а саме солоність становить 38.5‰, температура 13.5-13°C. До глибини 250 м на кожні 25-30 м трапляється зміна значення, температура падає, солоність зростає. В середній та східній частині ситуація з розподілом солоності та температури однакова з західним басейном товща моря залишається однорідною у всіх басейнах (рис. 6.6, 6.7, 6.8). Лише у східному басейні на графіку солоності (рис. 6.8) можна помітити різницю поверхневого розподілу значень солі які досягають максимуму в цьому районі за рахунок його кліматичних особливостей та прісного балансу. Значення солоності моря тут дорівнює 39.2‰ це вище ніж у всіх інших басейнах Середземного моря і розташована ця високосолонна водна маса на поверхні моря це зумовлює те що поверхнева течія Атлантичної води вже не потрапляє в цей басейн. За результатами просторового розрізу східного басейну можна сказати що саме тут утворюється проміжна Середземноморська водна маса яка надалі виходить з Гібралтару у Атлантичний океан. На графіку показано що залишки Атлантичної поверхневої течії доходять майже до 30° східної широти. Просторові графіки геострофічних швидкостей (Рисунок 6.9, 6.10, 6.11) показують нам що течії не проникають глибше 500 м у всіх трьох розрізах при найбільшій глибині моря 5267 м. Найбільша швидкість не перевищувала 15 м/с.

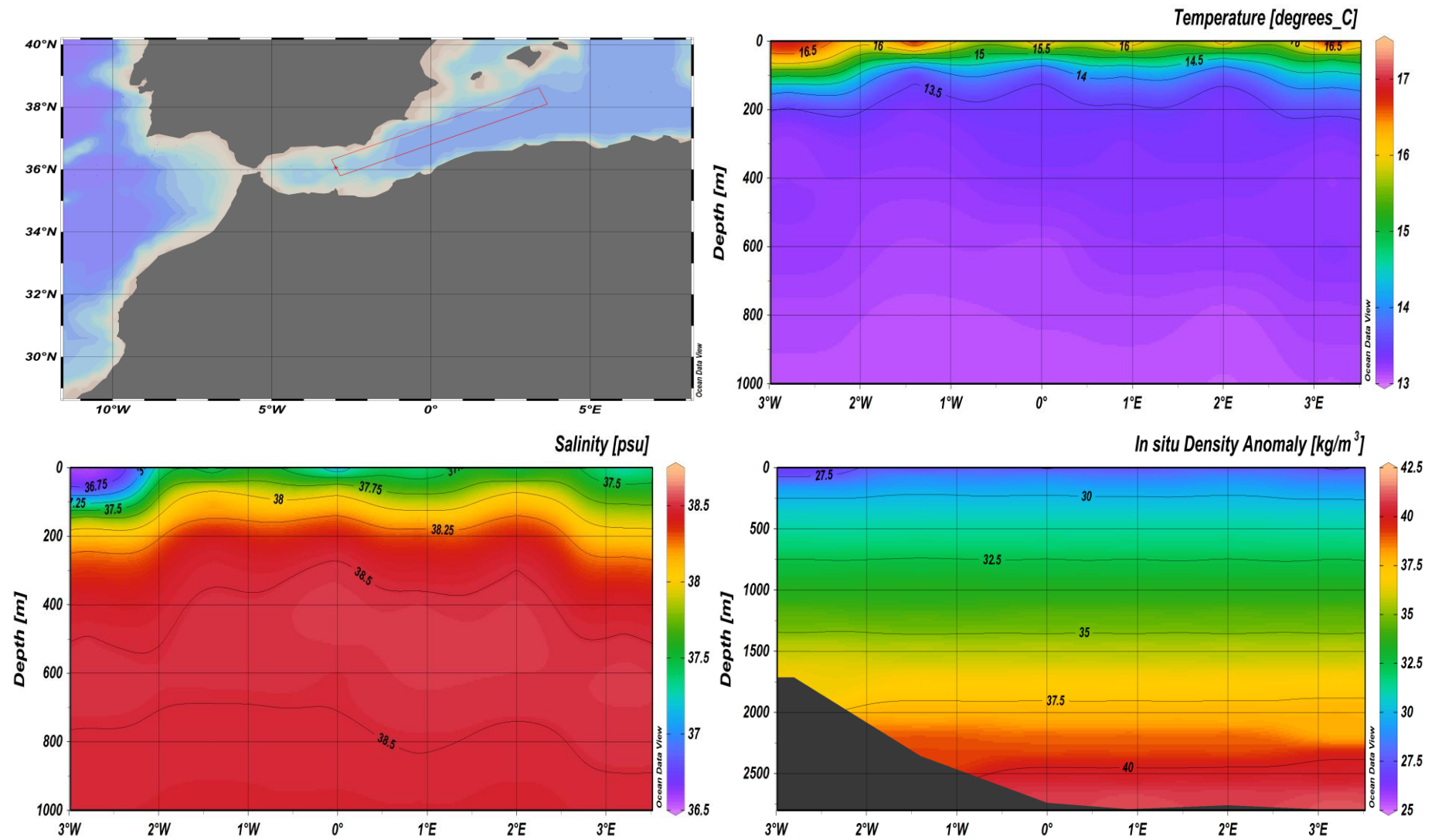


Рисунок 6.6. Розподіл гідрологічних характеристик в західній частині Середземного моря (квітень 2011 р.)

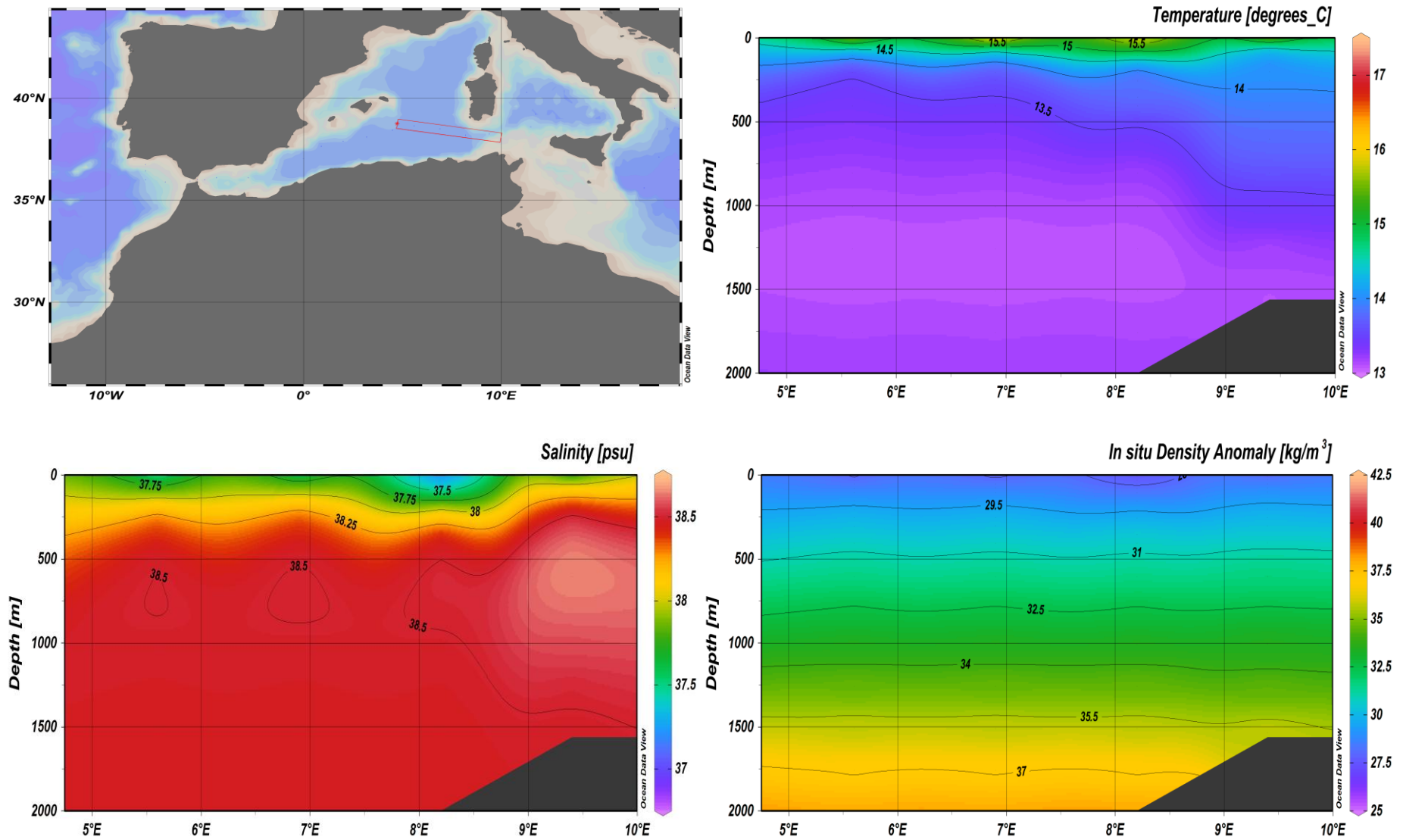


Рисунок 6.7. Просторовий розподіл гідрологічних характеристик в південно-західній частині Середземного моря.
(Квітень 2011 року)

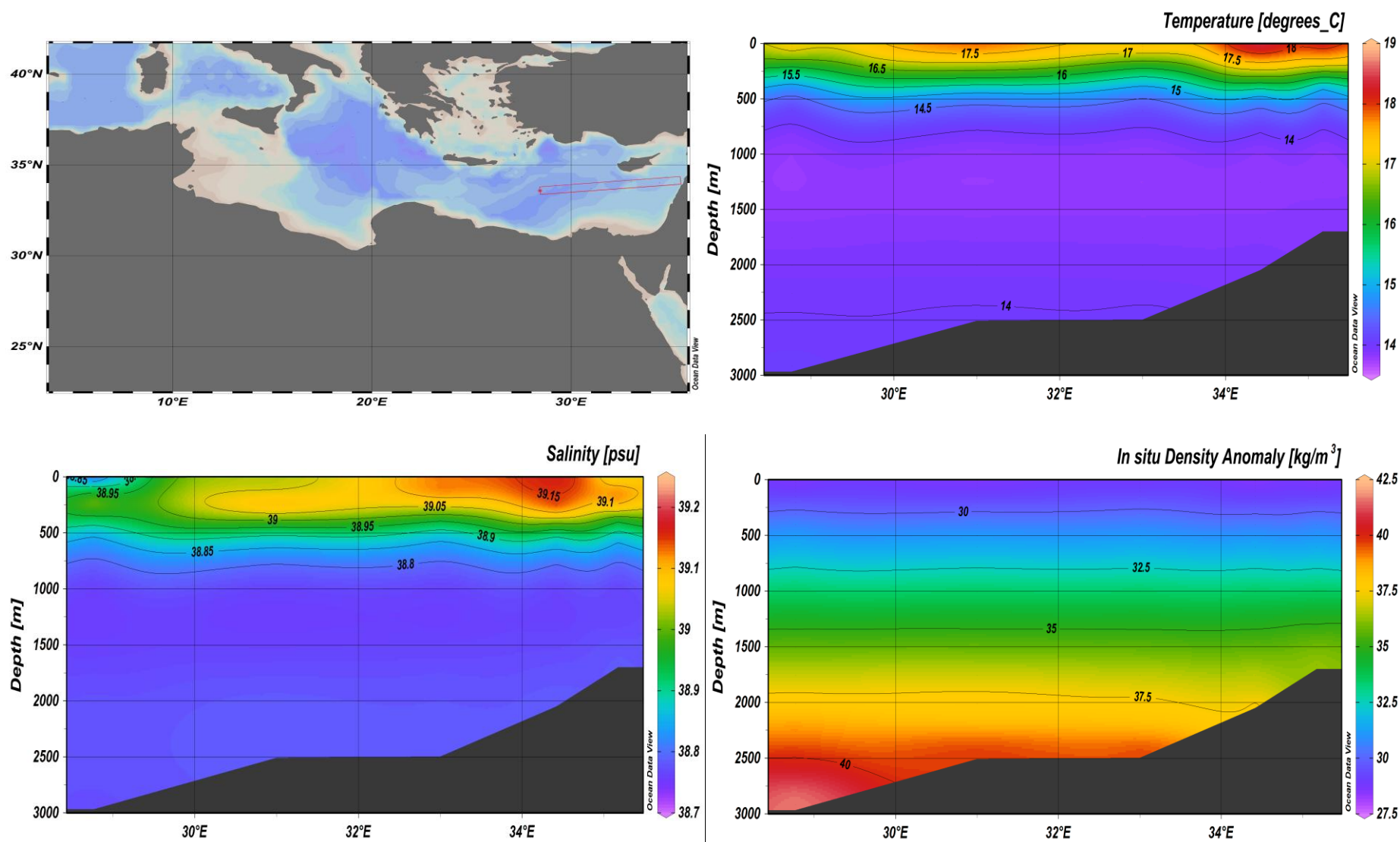


Рисунок 6.8. Просторовий розподіл гідрологічних характеристики в східній частині Середземного моря (квітень 2011 р.)

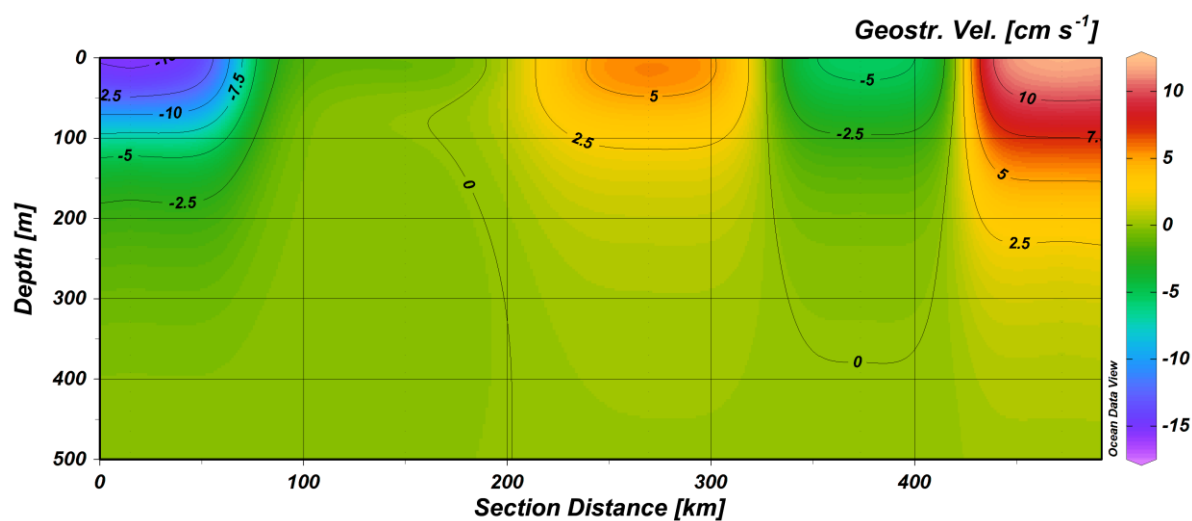


Рисунок 6.9. Просторовий розподіл швидкості течій в західному басейні Середземного моря

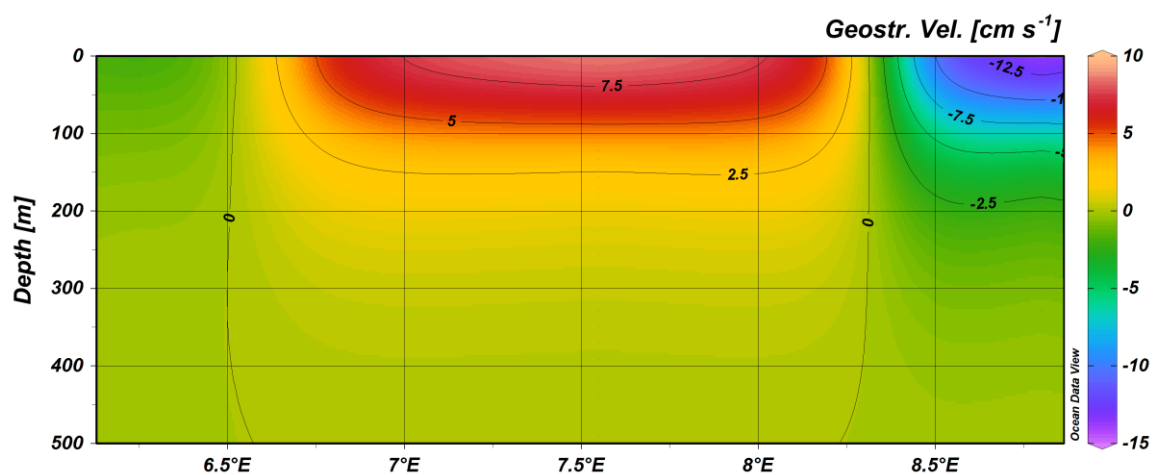


Рисунок 6.10. Просторовий розподіл швидкості течій в південно-західному басейні Середземного моря

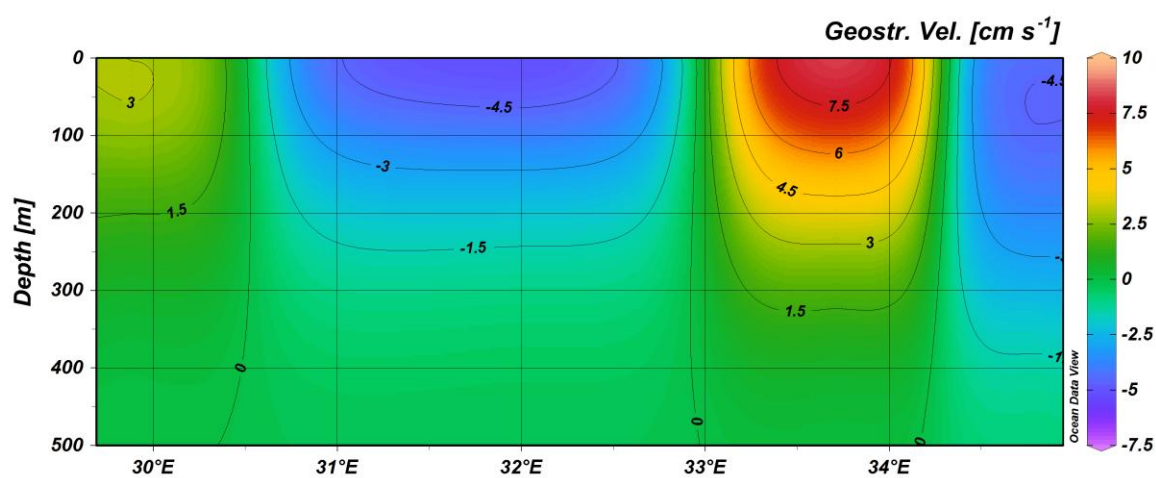


Рисунок 6.11. Просторовий розподіл швидкості течій в східному басейні Середземного моря

ВИСНОВКИ

В роботі проведений аналіз основних закономірностей розподілу гідрологічних характеристик на основі даних натурних експедиційних досліджень в акваторії Середземного моря. Зроблені наступні висновки:

1. За допомогою прісного балансу розраховані об'єми води, яка поступає з океану та витікає в океан з моря: об'єми води, які витікають з Середземного моря в Атлантику в придонному шарі Гібралтарської протоки складають $32330 \text{ км}^3/\text{рік}$; об'єми води, що потрапляють з океану в поверхневому шарі протоки складають $36040 \text{ км}^3/\text{рік}$.

2. Проведена оцінка часу поновлення водних мас:

- для повного оновлення проміжної середземноморської води, враховуючи, що крізь Гібралтарську протоку в океан витікає саме ця водна маса необхідно 24 роки при розрахованому об'ємі проміжної водної маси ($875 \cdot 10^3 \text{ км}^3$);

- час оновлення поверхневої атлантичної води складає 13,9 років при розрахованому об'ємі поверхневої атлантичної водної маси $500 \cdot 10^3 \text{ км}^3$.

3. В Гібралтарській протоці розраховані відносно 700-децибарової поверхні витрати води: в поверхневому шарі, де основний потік вод направлений з заходу на схід витрати води складають $10,9 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$; в глибинній частині протоки де спостерігається перенос середземноморських вод в океан, витрати води склали: $2,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$.

4. Проведені дослідження в акваторії поблизу Гібралтарської протоки показали, що виходячи з протоки в океан, середземноморська вода занурюється спочатку в проміжний шар, де вона розповсюджується в Центральній Атлантиці, займаючи площу між двома субполярними водними масами, поступово вона трансформується, її солоність і температура зменшується, а її ядро опускається вниз, що підтверджується побудованою

картою просторового розподілу солоності морської води та T,S-кривою, де ядро проміжної водної маси простежується на глибинах 900-1400 м.

5. Проведені дослідження течій в Гібралтарській протоці показали, що максимальні швидкості досягають 60 см/с.

6. Вертикальна структура течій на розрізі в Туніській протоці коливається в межах від 2 до 15 см/с.

7. У східному басейні Середземного моря переважає односпрямований по глибині рух вод. Величини швидкостей течій в поверхневому шарі досягають в середньому 5-15 см/с, а на горизонтах 200-300 м 2-5 см/с.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бичкова І.А., Вікторов С.В. Дистанційне визначення температури моря. - Л: Гідрометеоиздат. - 1988. - 220с.
2. Беляєв Б.І. Прикладні океанологічні дослідження. - Л: Гідрометеоиздат. - 1986. - 143с.
3. Бекятев К.А., Середряков В.В. Міжнародні морські організації. - Л: Гідрометеоиздат. - 1979. - 601С
4. Доронін Ю.П. Регіональна океанологія. - Л: Гідрометеоиздат. - 1986. - 303с. - Бібліогр: с. 296 - 298.
5. В.И. Михайлов, Н. Кучеренко. Специальные разделы физической океанологии. Одесса, Экология, 2011. - 238 с.
6. Суховій В Ф. Моря Мирового океана / Суховій В.Ф. –Л.: Гідрометеоиздат, 1986. – 286 с.
7. Суховій В.Ф. Основные черты гидрологического режима Атлантического и Тихого океанов / Суховой В.Ф. – К.: УМК ВО, 1992. – 218с.
8. Суховій В.Ф. Фізична океанологія / Суховій В.Ф. – Одеса: АО БАХВА, 2001. – 315 с.
9. Євгенов Н.І. Морські течії. - Л: Гідрометеорологічне вид-во. - 1957. - 109с.
10. Михайлов В.І./ Спеціальні розділи фізичної океанології: підручник // В.І. Михайлов, Н.В. Кучеренко. – Одеса: Екологія, 2011. – 240с
11. Велика Українська Енциклопедія [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://vue.gov.ua/>
12. Bronstert A., Carrera J., Kabat P., Lütkeemeier S. (Eds.) Coupled models for the hydrological cycle. Integrating atmosphere, biosphere, Springer, 2005. – 360 p
13. Nichols C. Reid, Williams Robert G. Encyclopedia of Marine Science Facts On Files, 2009. - 641 p.
14. Петросян Н. Методы определения солёности морской воды СПб.: Санкт-Петербургский Государственный Университет, 2001. - 16 с.
15. Бурков В.А. Загальна циркуляція Світового океану. - Л.: В Гідрометеорологічне видавництво, 1980. - 254 с.

16. Apel J.R. Principles of Ocean Physics PDF International Geophysics Series, 1987, Volume 38 .
17. Geernaert G.L. Surface Waves and Fluxes: Volume I - Current Theory PDF Dordrecht: Kluwer, 1990. - 337 p.
18. European Directory of Marine Environmental Data (EDMED) [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.bodc.ac.uk/resources/inventories/>
19. В.І. Михайлов. Поверхневий мікрошар Світового океану. Л.: Гідрометеорологічне видавництво, 1992 - 275 с.
20. Ханав К., Л.Д. Таллі. Режим води // Океанічна циркуляція та спостереження за кліматом та моделювання Глобального океану / Ред. Siedler G. et al. - Лондон: академічний Press, 2001.-р р. 373-386.
21. (NCDC) – Global Historical Climatology Network-Monthly Dataset [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/v3.php>
22. International Research Institute for Climate and Society (IRI) [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/.DAILY/>
23. Ulrich de Haar: Gedanken zur Entwicklung der hydrologischen Forschung . Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen. Heft 1, 1995.24.
25. Хільчевський В. К., Дубняк С. С. Основи океанології: підручник [Електронний ресурс] - 2-ге вид., доп. і перероб. — К.: ВПЦ "Київський університет, 2008. — 255 с. — ISBN 978-966-439-015-3
26. Зирянов В.І. Теорія сталих океанічних течій. - Л: Гідрометеоиздат. – 1985. - 225С
27. Зубов І.І. Основи вчення про протоки Світового океану. - М: Держ. вид - во географ. літ - ри. - 1956. - 236с.
28. Oceanweather Inc [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.oceanweather.com/>

29. National oceanographic data center (NODC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/woaselect/woaselect.html>

30. globcurrent.org [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.globcurrent.org/>

European Directory of Marine Environmental Data (EDMED) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.bodc.ac.uk/resources/inventories/>