

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра океанології та морського  
природокористування

**КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему: Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі Чорного моря в сучасній  
період

СКЛАД:

1. Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі Чорного моря в сучасній період.  
Вплив згонів на кисневий режим в сучасній період

Виконавець: Устинов І.І.

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

2. Екологічні наслідки апвелінга на шельфі Чорного моря. Вплив згонів на  
кисневий режим за фоновими характеристиками

Виконавець: Анчербак Дмитро  
Русланович

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

Староста роботи: Устинов Іван Іванович  
(П.І.Б.)

Провідний науковий керівник: д.геогр.н., проф.Берлінський Микола  
Анатолійович  
(П.І.Б.)

Рецензент: д.г.-м.н., проф. Сафранов Тамерлан Абісалович  
(П.І.Б.)

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра океанології та морського  
природокористування

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі Чорного моря в сучасний  
період. Вплив згонів на кисневий режим в сучасний період

Виконав студент 2 курсу групи МО-2  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
Устинов Іван Іванович

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

Рецензент д.г.-м.н., проф. Сафранов  
Тамерлан Абісалович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри океанології та морського природокористування**  
Берлінський М.А  
“29” 10 2018 року

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

Устинову Івану Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі Чорного моря в сучасний період. Вплив згонів на кисневий режим в сучасний період  
Керівник роботи д.геогр.н., проф.Берлінський Микола Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від „05 ”10 2018 р. № 271 -С

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року.

3. Вихідні дані до роботи: Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі північно-західної частини Чорного моря. Вплив згонів на кисневий режим в сучасний період

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Крім сучасної антропогенного навантаження на морські екосистеми до істотних факторів впливу залишаються природні явища, які відіграють важливу роль в умовах формування морського середовища.

До такого роду чинників належить явище апвеллінга в прибережній області Чорного моря. Це пов'язано з проявом ефекту виносу сірководню безпосередньо в рекреаційну область. Опис і інтерпретація цього екстремального явища відноситься до області основних проявів негативних впливів природних процесів, з урахуванням сучасних умов бенталі шельфу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) графічний і табличний матеріал характеризуючий процес апвеллінга (таблиць – 5, графіків - 5 )

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Одержання завдання на виконання магістерської роботи	10.09.18 р.	100	Відмінно
2	Пошук та підбір літератури та інших джерел інформації	11-30.09.18р.	95	Відмінно
3	Характеристика гідрометеорологічних і океанологічних умов району дослідження. Виявлення і небезпечних явищ	01-10.10.18р.	95	Відмінно
4	Оцінка сучасного стану району дослідження	11-18.10.2018р.	95	Відмінно
5	Анализ літературних джерел	19-31.10.2018р.	100	Відмінно
6	Обробка та статистика явищ апвелінгу в сучасний період	01-14.11.2018р.	100	Відмінно
7	Соціально – техногенні фактори впливу на морське середовище	15-22.11.2018р.	95	Відмінно
8	Оформлення кваліфікаційної роботи.	23-25.11.2018р.	90	Відмінно
9	Проходження нормативного контролю.	25-28.11.2018р.	90	Відмінно
10	Підготовка презентації кваліфікаційної роботи.	28-01.11-12.2018р.	90	Відмінно
	<b>Рубіжна атестація</b>	19-24.11.18	90	Відмінно
	<b>Попередній захист роботи</b>	02.12.18		
	<b>Здача на кафедрі</b>	09-10.12.18		
	<b>Перевірка на плагіат</b>	13-14.12.18		
	<b>Рецензування</b>	19-20.12.18		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		95	Відмінно

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )Устинов І.І.  
(прізвище та ініціали)Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )Берлінский М.А.  
(прізвище та ініціали)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до комплексної кваліфікаційної магістерської роботи

Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі Чорного моря в сучасній період.  
Вплив згонів на кисневий режим в сучасний період

**Теми індивідуальних проектів, виконавці і керівник:**

1. Екологічні наслідки апвелінгу на шельфі Чорного моря в сучасній  
період. Вплив згонів на кисневий режим в сучасний період

Виконавець: Устинов І.І.  
Керівник: д.геогр.н.,  
проф.Берлінський М. А.

2. Екологічні наслідки апвелінга на шельфі Чорного моря. Вплив згонів на  
кисневий режим за фоновими характеристиками

Виконавець: Анчербак Д. Р.  
Керівник: д.геогр.н.,  
проф.Берлінський М.А.

Староста комплексної кваліфікаційної магістерської роботи:

Устинов І.І.

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

Як дані вимірювань в Одеській затоці використані спостереження, регулярно виконуються гідрофізичній лабораторією Одеського державного екологічного університету, а саме: середньодобові вимірювання температури поверхневого шару морської води і повітря, солоності поверхневого шару морської води, рівня моря, швидкості і напрямку вітру, наявність сірководню зазначалося органолептичним методом .

Проведена вибірка доступних даних по періодах спостережень з травня по вересень включно за 2007, 2012 і 2017 рр. у відповідність з періодом розвитку придонному гіпоксії і формування сірководню в теплий період часу. Використано методи графічної і статистичної обробки для

виділення частоти і тривалості апвелліга (upwelling) під дією зганяючі вітру. Зроблено оцінку просторового масштабу придонному гіпоксії за результатами зйомки інструментальних спостережень у вересні 2017р. на базі експедиційних досліджень Державної гідрографії України.

**Загальна задача:** Кількісно оцінити частоту апплінга в сучасний період на шельфі.

В завдання досліджень входе:

Провести порівняльний аналіз процесів деградації умов шельфу.

Оцінити ступінь інтенсивності процесів евтрофікації на шельфі

**Задача ч.1 комплексної роботи** – Огляд літератури з питань наукового дослідження. Розробка методики й основних методів дослідження. Проведення теоретичних досліджень. Аналіз матеріалу, який покладений в основу дослідження.

**Задача ч.2 комплексної роботи** – Огляд літератури з питань наукового дослідження. Огляд соціальних, техногених та кліматичних факторів впливаючих на вивчаючий процес. Аналіз матеріалу, який покладений в основу дослідження.

## АНОТАЦІЯ

**Тема:** Екологічні наслідки апвелінгу в північно-західній частині Чорного моря, ч.1

**Виконав:** студент групи МО-2 Устинов Іван Іванович.

**Актуальність теми:** пов'язано з проявом ефекту виносу сірководню безпосередньо в рекреаційну область. Опис і інтерпретація цього екстремального явища відноситься до області основних проявів негативних впливів природних процесів, з урахуванням сучасних умов бенталі шельфу.

**Ціль роботи:** Оцінка сучасного стану екосистеми північно-західного шельфу Чорного моря.

**Завданням** дослідження є оцінка змін гідрометеорологічних і гідрологічних умов, які обумовлюють процес апвелінгу в досліджуваному регіоні.

**Предмет дослідження:** Предметом дослідження – процес формування антропогенного негативного впливу на прибережну область

**Об'єкт дослідження:** Об'єктом дослідження – є українська частина шельфу Чорне море.

**Результати:** За останні 50 років у річкових водах Дунаї, Дніпра та Дністра різко зросла кількість біогенних речовин, важких металів та нафтопродуктів, що сприяло їх накопиченню в морській екосистемі. За рахунок витоку пологів біогенних речовин, у море, у весенне-літній період розвинулося антропогенне евтрофінування, а в літній - осінній період, в придонному шарі утворився дефіцит кисню - гіпоксія. В останні роки скорочення стоку біогенних речовин з площі водосбора річок забезпечило збільшення прозорості води внаслідок зменшення вмісту речовин органічного та мінерального походження в воді. Однак відсутність моніторингу морської середовища давала можливість дати повну оцінку сучасного стану водних екосистем. Вересень 2017г. вироблена зйомка північної частини шельфу Чорного моря. Результати досліджень встановлено розвиток гіпоксії в придонному шарі. Значення розчиненого оксиду на відносному глибоководному шельфі (глибини більше 20 м) були нижчими за 2,0 мл/л. Цей процес обумовлений високим рівнем евтрофірування в весняно-літній період 2017г., що підтверджується даними супутникових спостережень NASA та результатами спостережень за обвелиженням водних мас в прибережній частині моря в теплий період 2007, 2012 та 2017гг.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи:** З урахуванням рекреаційної цінності узбережжя, збереження і відновлення біологічних ресурсів шельфу необхідно відновлення регулярних

комплексних спостережень за станом морської екосистеми для отримання оцінки просторово-часових масштабів негативного впливу на морське середовище.

**Структура і обсяг роботи:** робота включає в себе: Вступ, 5 розділів, висновок та літературу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** антропогенне евтрофування, придонна гіпоксія, сірководень, апвелінг, шельф Чорного моря.



## SUMMARY

**Purpose.** Estimation of the Northwestern part of the Black Sea Shelf in modern period. **Methods.** The sample of average daily measurements of the temperature, salinity on the surface, level, wind velocity and direction during 2007, 2012 and 2017 had been done. The analyses of the cruise investigation parameters and NASA satellite photos had been done in this region as well. **Results.** Increasing of nutrient, heavy metals, oil concentration in the Danube, Dnieper and Dniester of water runoff was fixed during the last 50 years. It was the reason of its permanent accumulation in marine ecosystem. Also it was the reason of anthropogenic eutrophication development in the sea water in spring and at the beginning of summer time. Later, at the end of summer and in autumn the dissolved oxygen is decreasing in the bottom layers because of destruction of organic matter. In the last years, decreasing of nutrient from the rivers input was marked. It provided the increasing the transparency in the sea column and made the water condition more positive. But for assessment of the whole ecosystem state the complexes monitoring is absolutely necessary. In September of 2017 the special investigation cruise was done. The result shown the deficit of the dissolved oxygen – hypoxia in the near bottom layer is spreading in the center of the shelf ecosystem (the depths are more than 20 m). The oxygen concentrations were less than  $2,0 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ . The reason of this negative phenomena was provided by NASA satellite photos of eutrophication process in summer and marking of upwelling at the shallow waters during the warm period in 2007, 2012 and 2017. **Conclusions.** Anthropogenic eutrophication development in the sea water was fixed as well as the near bottom hypoxia and hydrogen sulphide formation in the ukrainian part of the Northwestern shelf of the Black sea in the modern period. Spatial scale of this phenomena is comparable with the scales from 70's of last century.

**Key words:** anthropogenic eutrophication, near bottom hypoxia, hydrogen sulphide, upwelling, the Black Sea shelf.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ПЗЧМ – північно західна частина Чорного моря;

ПЗЗ – плавучі застережні знаки;

ЗР – забруднюючі речовини

ЧБ – панхроматичний або чорно - білий знімок.

КЗ – кольоровий знімок.

ПГХ – первинні гідрооптичні характеристики.

СДОР – сильнодіючі отруйні речовини.

СПАР – синтетичні поверхнево активні речовини

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ЧОРНОГО МОРЯ.....	14
1.1 Донні осади.....	16
2 КЛІМАТИЧНА І ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	18
2.1 Течії.....	20
2.2 Температура, солоність і густина води.....	23
2.3 Льоди.....	27
2.4Прозорість і колір води.....	28
2.5Вітри.....	29
2.6 Тумани.....	30
2.7 Хмарність і опади .....	31
2.8 Особливі метеорологічні явища.....	31
2.9 Господарське використання.....	32
3 ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ АПВЕЛІНГУ НА ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ.....	34
3.1 Апвелінг та його наслідки.....	35
3.2 Сірководень в Чорному морі.....	40
4 ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОБОТИ І МЕТОДИ ОБРОБКИ.....	44
5 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОБЛЕМАМИ.....	45
6 АНАЛІЗ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	47
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	60

## ВСТУП

В другій половині ХХ століття, основним негативним антропогенним фактором впливу на чорноморську екосистему шельфу, було евтрофінування морських вод з-за надлишкового надходження біогенних речовин з річковим стоком. В результаті, на обширних ділянках моря відзначається дефіцит окису, обумовлений мінералізацією органічного речовини в придонному шарі.

Причини формування дефіциту окису в морях бувають природними та антропогенними. Однією з особливостей Чорного моря є відсутність розчиненого води кислоти нижче 200 метрів глибини. Відсутність розчиненого у воді оксидів нижче 200 метрової глибини відноситься до природної складової кислородного балансу і обумовлено поступленням більш тонку, порівняно з Чорноморською, водною масою, що опускається в глибинні шари. З-за відсутності шельфу в Прибосфорському районі відбувається каскадин, тобто вертикальне перемещення водою масивів по континентальному склону. Ограничений вертикальний обмін супроводжується стійкою вертикальною стриманістю шарів.

Іна причина, утворення дефіциту окису, поява та розповсюдження сірководню, суто антропогенна і приурочена до шельфового екосистему. Важно відзначити, що практично весь Чорноморський шельф розташований в українських водах, що містить великі переваги для України та, одночасно, відповідальність за якісне стан морської середовища. Однак, фактори, відповідальні за якість морської середовища, часто мають трансграничний характер. До такого роду факторів відноситься сток великих річок Дунай, Дніпра і Дністра, площа водозбору яких виходить за межі України. Сток цих реків складає близько 70% від загального обсягу, що вступає в Чорне море і не завжди складу стоку задовільного якості. За останні 50 років у річкових водах різко зросла кількість біогенних речовин, важких металів та нафтопродуктів, що сприяло їх накопиченню в морській екосистемі, як приймач поллютантов. За рахунок витоку пологів біогенних речовин, в море, в теплий період року розвивалося антропогенне евтрофінування.

Незважаючи на те, що в даний час відбувається відновлення шельфової екосистеми, зокрема, цінної філлофорної поля Зернова, розташованого в центрі шельфу, що обумовлено скороченням стоку біогенних речовин з площею водозборного потоку, збільшенням прозорості води в результаті скорочення вмісту речовин органічного та мінерального походження у воді і припинення донного тралію, і слід очікувати підвищення якості води і

донних осадків, питання залишається відкритим. Для вирішення питання необхідні дані прямих вимірів *in situ*, на підставі яких можна з певною часткою достовірності судити про сучасному стані шельфових екосистем.

В даній роботі розглядаються причинно-слідственні фактори регулярного утворення сірководдя в прибережній смузі Чорного моря, на підставі вимірювань за доступним даним.

## 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ЧОРНОГО МОРЯ

Чорне море — внутрішнє море басейну [Атлантичного океану](#), омиває береги України, Росії, Грузії, а також Румунії, Болгарії та Туреччини. Керченською протокою сполучене з [Азовським морем](#), протокою Босфор з Мармуровим морем і протокою Дарданелли — з Середземним морем.

Площа 422 тис. км<sup>2</sup>

Загальний об'єм води 547 тис. км<sup>3</sup>

Пересічна глибина 1271 м, максимальна — 2245 м.

Довжина берегової лінії 4090 км.

Протяжність Чорного моря між західними і східними точками близько 1167 км, між північною і південною — 624 км.

Береги Чорного моря розчленовані мало, переважно гористі, урвисті. Північно-західні береги — від дельти Дунаю до Каркінітської затоки (у межах України низовинні). Найбільший півострів — Кримський, найбільші затоки (біля берегів України) — Каркінітська, Каламітська, Феодосійська, Ягорлицька, Джарилгацька. Островів мало (Зміїний, Березань, Джарилгач). Поширені намівні піщані коси (Кінбурнська, Тендрівська та інші).

У межах України у Чорне море впадають Дунай, Дністер, Південний Буг, Дніпро, які мають великий вплив на формування його водного балансу. Існування Чорного моря бере початок з океану Тетіс (30-40 млн. років тому), з якого утворювалися солоні Сарматське й Меотичне та прісне Понтичне моря. Сучасних рис Чорного і Азовського морів набув Давньоевксинський басейн 400-500 тис. років тому. Зв'язок із Середземним морем виник 100-150 тис. років тому (Карангатське море), припинився 18-20 тис. років тому (Новоевксинське опріснене море), встановився 7-5 тис. років до н.е. і існує донині. Є й інші припущення щодо виникнення Чорного моря. В геоструктурному відношенні територія Чорного моря належить до Середземноморського рухливого поясу. Тектонічні рухи проявляються тут до нашого часу. Морфоструктури дна відзначаються різною геологічною будовою. На [шельфі](#) у північно-західній частині та південніше від Керченської протоки переважають черепашкові відклади і мули. На материковому схилі відслонюються корінні породи, біля його підніжжя — відклади підводних зсувів. У Чорноморській субокеанічній западині встановлено наявність земної кори як платформеного, так і субокеанічного типу. Дно Чорного моря у межах западини вкрите вапняковим мулом та глинами.[1]

Будова і рельєф дна, корисні копалини. «Котловина» Чорного моря - це залишок великого океанічного басейну, який існував протягом попередніх геологічних періодів.



Рис.1.1 Карта глибин Чорного моря

За геологічною будовою дна Чорне море є морем рухомих зон, яке лежить у межах глибоководної тектонічної западини. Про це свідчать такі ознаки: великі глибини, земна кора океанічного типу і висока сейсмічність дна. За своїм рельєфом дно Чорного моря нагадує велику тарілку: воно глибоке й рівне з мілководними краями на периферії. Середня глибина Чорного моря - 1256 м. Для більшої частини морського дна характерні глибини понад 2000 м. Точка з максимальною глибиною розташована у південній частині моря - 2245 м. Північна частина дна лежить на затопленій частині Східноєвропейської платформи, тому тут сформувався широкий (до 200 км від берега) шельф. Наймілкіша його частина - Одеська затока, де глибини становлять 30-60 м. Шельфу майже немає біля Південного берега Криму, де вертикальні підводні урвища сягають 50-80 м. Це пов'язано з подальшим опусканням території по лінії розлому. Значних піднять дна давно не спостерігалось, тому в морі так мало островів. У шельфовій зоні Чорного моря відкрито поклади природного газу і нафти. Тут у верхній

частині осадового чохла платформи вже розвідано понад 60 родовищ. Більш перспективними вважають глибинні ділянки земної кори до 700-750 м.

### 1.1 Донні осади

Шар відкладів, якими покрито дно Чорного моря, поділяється на одинадцять речовинногенетичних типів: шість – мілководних і п'ять – глибоководних. Між всіма типами донних відкладів існують постійні взаємопереходи, обумовлені поступовою зміною їх гранулометричного та речовинного складу. Переважають теригенні слабовапнисті алевроитопелітові та пелітові мули, на другому місці – біогеннотеригенні пелітові мули. Майже однаково поширені біогенні сильновапнисті та сапропелеві мули. У наймолодших відкладах відбувається зниження вмісту теригенних компонентів при одночасному зростанні біогенних. Загальною закономірністю утворення глибоководних відкладів Чорного моря в голоцені є домінуюча роль теригенної седиментації, причому значення її для різних частин басейну неоднакове (менше у західній, більше – у східній). В областях халістаз сучасного басейну визначальним є біогенний чинник, роль якого в осадконакопиченні зростає з пізньочетвертинного часу, змінюючи співвідношення теригенного і біогенного матеріалів в осадах.

Карбонатонакопичення – один з основних процесів седиментації у Чорному морі. Карбонатний матеріал поширений на усій площі дна в сучасних чорноморських, давньочорноморських та новоевксинських відкладах. У двох перших мінеральні типи карбонатного матеріалу представлені двома основними формами – низькомагнезійним кальцитом та арагонітом. У глибоководній області низькомагнезійний кальцит є основним карбонатним мінералом, на шельфі він поступається арагоніту. Арагоніт переважає тільки у прибережній частині шельфу, зі збільшенням глибини моря його вміст знижується. Генетично карбонатний матеріал вважається полігенним, але переважають біогенні карбонати: у шельфовій зоні – черепашкові, у глибоководній – коколітові. Друге місце посідають терригенні карбонати, що відіграють значну роль у загальному процесі карбонатонакопичення.[1]

У межах акваторій наявні значні запаси корисних копалин. Деякі з родовищ промислово експлуатуються. Родовища вуглеводневої сировини розташовані у межах північнозахідного шельфу, перспективні площі покладів газогідратів – в області халістаз та континентального схилу. Залізні, марганцеві та хромові руди тяжіють до прибережної зони. Ділянки



поширення залізомарганцевих конкрецій (перспективних руд) виявлено на шельфі та у верхній частині континентального схилу вздовж північного, західного і південного берегів Чорного моря. Розсіпні родовища важких металів та титаноільменіту розташовані на шельфі у тектонічній зоні альпійського орогенезу. Вздовж підніжжя континентального схилу західної частини Чорного моря зустрічаються ділянки відкладів, збагачених ураном. Біля південного узбережжя Криму, Кавказького берега та північносхідного берега Туреччини відомі підводні джерела прісної води, придатної для використання. Інтенсивно експлуатуються родовища будівельного піску. Грязьові вулкани є ознакою сучасних активних тектонічних процесів і пошуковими ознаками для виявлення нових родовищ корисних копалин.

## 2 КЛІМАТИЧНА І ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Кліматичні умови Чорного моря характеризуються субтропічними рисами. Літо сухе і жарке, а зима волога і тепла. В зимовий період над морем проходять середземноморські й атлантичні циклони, з ними пов'язана дощова і туманна погода. В літній період Чорне море знаходиться під впливом Азорського антициклону, завдяки чому тут переважає безхмарна погода, грози та смерчі є рідкісними явищами.

Клімат Чорного моря, у зв'язку з його положенням, в основному континентальний. Чорноморське узбережжя і південний берег Криму мають м'який середземноморський клімат.

Кліматичні умови Чорного моря характеризуються сухим і жарким літом та вологою й теплою зимою. Взимку над морем проходять середземноморські та атлантичні циклони що приносять дощову і туманну погоду. Влітку Чорне море перебуває під впливом Азорського антициклону, завдяки чому тут переважає безхмарна погода, а грози та смерчі є рідкісними явищами.

Середня температура січня в північній частині Чорного моря  $+2^{\circ}\text{C}$ , але може опускатися і до  $5^{\circ}\text{C}$ . На територіях, прилеглих до Південного берега Криму і побережжя Кавказу, зима набагато м'якша: температура рідко опускається нижче  $+5^{\circ}\text{C}$ . Сніг, проте, періодично випадає в північних районах моря.

Середня температура липня на півночі моря -  $+25$  -  $+27^{\circ}\text{C}$ . Максимальні температури не перевищують  $37^{\circ}\text{C}$ .

Найбільша кількість осадков у чорноморському регіоні випадає на побережжі Кавказа (до 1500 мм в рік), якнайменше — в північно-західній частині морити (близько 300 мм в рік). Хмарність за рік в середньому складає 60 % з максимумом зимою і мінімумом влітку.

Води Чорного моря, як правило, не схильні до замерзання. Температура води не опускається нижче  $+7-8^{\circ}\text{C}$

Температура води влітку становить  $+24 \dots +26^{\circ}\text{C}$ , взимку  $+4 \dots +7^{\circ}\text{C}$ . З глибини 150 м температура води не змінюється ( $8^{\circ}\text{C}$ ). Коли бувають суворі зими, північно-західна частина моря замерзає.

Чорне море є найбільшим у світі мероміктичним (з неперемішуваними рівнями води) водоймищем. Верхній шар води (до глибини 150 м) прохолодніший, менш щільніший і менш солоний, насичений киснем ,

відділяється від нижнього, теплішого, солонішого і щільнішого, насиченого сірководнем шару .

Єдиного загально визнаного пояснення походження сірководню Чорному морі поки немає. Є думка, що він у Чорному морі утворюється головним чином в результаті життєдіяльності бактерій, різко вираженої стратифікації води і слабого вертикального обміну. Концентрація цього газу росте з глибини 150 м, складаючи 0,19 мг на 1 л морської води, до глибин 2000 м, де досягає максимальних концентрацій в 9,6 мг/л води .Таким чином, якщо вважати середньою концентрацією 5,73 мг/л на глибині 1240 м, то приблизна кількість сірководню у Чорному морі складає 3,1 млрд. т.Деякі дослідження останніх років дають право говорити про Чорне море як про гігантський резервуар не тільки сірководню, але і метану, що виділяється, швидше за все, також в процесі діяльності мікроорганізмів, а також з дна моря.[1]

Водний баланс Чорного моря складається з наступних компонентів:

Атмосферні опади (230 км<sup>3</sup> за рік);

материковий стік (310 км<sup>3</sup> за рік);

надходження води з Азовського моря (30 км<sup>3</sup> за рік);

випаровування води з поверхні морити (-360 км<sup>3</sup> за рік);

винесення води через протоку Босфор (-210 км<sup>3</sup> за рік).

Величина опадів, надходження з Азовського моря і річкового стоку перевищує величину випаровування з поверхні, внаслідок чого рівень Чорного моря перевищує рівень Мармурового . Завдяки цьому формується верхня течія, направлена з Чорного моря через протоку Босфор. Нижня течія, помітна в нижчих шарах води, виражена менше і спрямована через Босфор у зворотному напрямі . Взаємодія даних течій додатково підтримує вертикальну стратифікацію моря, а також використовується рибою для міграцій між морями.

Слід зазначити той факт, що внаслідок утрудненого обміну водою з Атлантичним океаном в Чорному морі практично не буває приливів і відливів.

Циркуляція вод у морі охоплює тільки поверхневий шар води. Даний шар води має солоність близько 18 промілле (у Середземному — 37 промілле) і насичений киснем і іншими елементами, необхідними для діяльності живих організмів. Цей шар в Чорному морі схильний до кругової циркуляції циклональної спрямованості по всьому периметру водоймища. Одночасно в прибережних частинах моря постійно фіксуються локальні циркуляції води антициклональної спрямованості. Температура поверхневих шарів води, залежно від пори року, коливається від 8 до 30 °С.

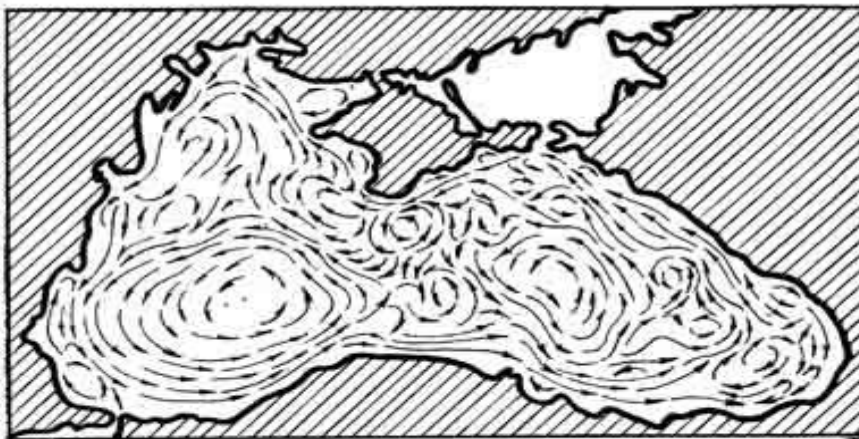
Нижній шар, внаслідок насиченості сірководнем, не містить живих організмів, за винятком ряду анаеробних бактерій (продуктом життєдіяльності яких і є сірководень). Солоність тут зростає до 22-22,5 промілле, середня температура складає  $\sim 8,5^{\circ}\text{C}$ .

У схемі циркуляції Чорного моря виділяються два величезні замкнуті коловороти з довжиною хвилі 350-400 км. У честь океанолога Миколи Кніповича, який першим описав цю схему, її назвали «Окуляри Кніповіча».

## 2.1 Течії

За рахунок чого поповнюються води Чорного моря і куди вони йдуть? Поповнюються за рахунок річок: Дунаю, Когильник, Дністра, Південного Бугу, Дніпра, Інгулу, Мзимти, Псоу, Бзібь, Кодорі, Інгурі, Ріоні, Чороха, Кизил-Ірмаку, Ешиль-Ірмаку, Сакара (300 кубічних кілометрів на рік) і через Керченську протоку (100 кубічних кілометрів на рік). Оподи над морем дають 250 кубічних кілометрів води в рік. Води Чорного моря йдуть через протоку Босфор (400 кубічних кілометрів на рік), через Керченську протоку (50 кубічних кілометрів на рік), випаровується 400 кубічних кілометрів води в рік. Середній рівень Чорного моря приблизно дорівнює рівню Балтійського, але набагато вище (на 28 метрів) рівня Каспійського моря. Припливно-відливні явища на Чорному морі слабкі, так як площа моря недостатня для їх розвитку. Відносно мала глибина і ширина Босфору, Дарданелл і Гібралтарської проток не дозволяють проходити сюди океанським приливним хвилям. Величина приливо-відливних коливань рівня на Чорному морі - від 3 до 10 сантиметрів. Відносно вікових змін рівня Чорне море різко відрізняється від сусіднього Каспійського, на якому, як відомо, рівень з 30-х до 70-х років впав на 2,5 метра, але з кінця 70-х років намітилася тенденція до зростання. Міліє Азовське море. В кінці минулого століття його глибини доходили до 16 метрів, а тепер становлять всього 13 метрів. Зупинимося на ряді проектів, в яких розглядається можливість використання властивостей чорноморських вод. Один з проектів пропонує перекинути Чорноморські води через Азовське море в Каспій для підвищення його рівня. Позитивною рисою цього проекту буде збільшення температури чорноморських вод (посилення припливу вод з Мармурового моря), а негативними - збільшення солоності вод всіх трьох морів, якої можуть не винести деякі організми, і можливе утворення двох шарів води в Каспійському морі, аналогічних верствам чорноморських вод. Інший проект пропонує відгородити північно-західну частину Чорного моря від іншої його частини для створення там розплідника осетрових і забору води на зрошення. Наслідком здійснення і

цього проекту буде підвищення температури і солоності чорноморських вод. Третій проект - найбільш реальний - передбачає створення греблі в Керченській протоці. У 50-ті роки почали інтенсивно використовувати донську воду на зрошення, побудували Цимлянське водосховище, а в 70-ті роки створили Краснодарське на річці Кубань. У зв'язку з цим в Азовське море стало менше надходити прісної води. Під впливом вод Чорного моря воно почало осолоняючись (було 9 грамів солей на 1 кілограм морської води, стало 14), зникли полупресноводні види риб - судак, тарань, скоротилися площі нересту осетрових (дорослі осетри, білуги, севрюги можуть жити в морській воді, але для ікрометання вони заходять в річки, а їхнє насіння зростає тільки в воді малої солоності, близько 5 грамів солей на 1 кілограм морської води). Якщо побудувати греблю в Керченській протоці, водообмін зменшиться, солоність знизиться, але збільшиться небезпека забруднення Азовського моря і погіршиться льодова обстановка на ньому. Азовське море, на відміну від Чорного, замерзає цілком. Більш тривалий термін замерзання негативно позначиться на народному господарстві і не тільки на рибальстві, а й на роботі так званої «вогненної лінії»: з Керчі в Жданов спеціальні судна везуть гарячий агломерат. Взимку з цією метою криголамами підтримується канал. Продовження термінів стояння льоду призведе до додаткових витрат. Питання про доцільність здійснення цих проектів залишаються ще не вирішеними. Але на Чорному морі вже почалося будівництво (по двом іншим проектам) каналу Дунай-Дніпро для підживлення нижньої течії Дніпра, зрошення полів півдня України і греблі в Дніпровському лимані (від Очакова на кінець Кінбурнської коси) для створення водосховища і розведення в ньому осетрових. Судноплавство на Дніпрі не порушиться, так як в греблі будуть шлюзи для пропуску судів і спуску вод після повені.[1]



Течення Чорного моря

Рис. 2.1 Течії Чорного моря

Постійні, чи так звані евстатическіє, коливання призводять до того, що на Чорному морі рівень підвищується на 20-25 сантиметрів за 100 років.

Крім зазначених вже процесів, в яких беруть участь води Чорного моря, існують ще два види руху: течії і хвилювання. У науці про море прийнято позначати напрямок течій за принципом «куди». На відміну від течій, напрямку вітру і хвилювання визначаються за принципом «звідки». Наприклад, вітер, що дме з півдня на північ, буде називатися південним, а протягом, створене цим вітром, буде називатися північним. Течії Чорного моря слабкі, їх швидкість рідко перевищує 0,5 метра в секунду, основними їх причинами є стік річок і впливу вітрів. Під впливом стоку річок вода повинна була б рухатися до центру моря, але під впливом сили обертання Землі вона відхиляється вправо (в північній півкулі) на  $90^\circ$  і йде уздовж берегів у напрямку проти годинникової стрілки. Основна струмись течій має ширину 40-60 кілометрів і проходить на відстані 3-7 кілометрів від берега. У бухтах утворюються окремі кругообіг, спрямовані за годинниковою стрілкою, їх швидкість досягає 0,5 метра в секунду. У центральній частині моря розташована зона затишшя, де течії слабкіше, ніж біля берегів, і непостійні у напрямку. Деякі дослідники виділяють в загальному потоці два окремих кільця. Походження двох кілець течій пов'язано з особливостями обрисів Чорного моря, що сприяють відхиленню вліво загального потоку біля берегів Криму і Туреччини. Дослідження останніх років за допомогою сучасних приладів дозволили встановити складну структуру чорноморських течій: в окремих районах, наприклад, в південно-східній частині, в море, утворюються вихори, що поширюються на глибину до півтора кілометрів (раніше вважали ці води нерухомими). Іноді вихори знаходяться в загальній системі течій, іноді відриваються від нього, потім знову приєднуються до кільця. Перебіг як би «впадає» саме в себе. Усередині вихору - підйом води знизу, з більш холодних шарів. Цим, до речі, пояснюється зниження температури води влітку - іноді з  $20$  до  $10^\circ\text{C}$ . Правда, зниження температури води можуть викликати і так звані згінні вітри. Вони утворюють тимчасові течії, які діють дві-три доби. Ще кілька діб потрібно, щоб температура води прийняла колишні значення. Нещодавно румунські океанологи виявили біля свого узбережжя новий вид течій. Їх причини - південно-західні вітри (уздовж узбережжя) і сила обертання Землі. Як відомо, цією силою річки підмивають свій правий берег. В результаті дії цих сил нижні шари води піднімаються вгору. Вчені називають такий підйом англійським словом «апвелінг». Цікава система течій спостерігається в протоці Босфор, вона має велике значення для Чорного моря. Вперше ці течії були вивчені в кінці

минулого століття адміралом Макаровим. С. О. Макаров був не тільки видатним флотоводцем, кораблебудівником, теоретиком військової справи, він був також чудовим ученим, розумів, як важливо пізнати середу, в якій доводиться діяти морському флоту. З бесід з місцевими жителями С. О. Макаров встановив, що в Босфорі існує дві течії: поверхневе і глибинне. Він перевіряв цей факт шляхом послідовного опускання в воду вантажу на різні глибини. Вантаж був скріплений тросом з буйком, що плавали на поверхні. Коли вантаж знаходився в поверхневих шарах, буйок рухався до Мармурового моря, коли вантаж був у дна, буйок несло до Чорного моря. Таким чином, було встановлено, що поверхнева течія, яка несе опріснену воду, йде до Мармурового моря, а глибинне, що несе більш щільну солону воду, йде до Чорного моря. С. О. Макаров встановив, що швидкість верхньої течії - 1,5 метра в секунду, нижнього - 0,75 метра в секунду, глибина поверхні розділу течій дорівнює 20 метрам. Нижня течія не йде строго під верхнім, обидва вони відчують відображення від мисів, іноді струменя течій роздвоюються. Для пояснення причин цих течій Макаров виконав такий досвід. У скляний ящик, розділений на дві частини, налили воду: в одну частину солону, в іншу - опріснену. У перегородці були пророблені одне над іншим два отвори. Солоні вода почала рухатися через нижній отвір, опріснення - через верхнє. С. О. Макаров першим дав пояснення походженню цих двох шарів. Верхня течія є стічних, утворюється воно під впливом надлишку вод, принесених річками в Чорне море. Нижня ж, так зване *плотностное*, утворюється в результаті того, що більш щільні води Мармурового моря надають на нижні шари більший тиск, ніж легші води Чорного моря. Це змушує воду рухатися з області більшого тиску в область меншого. Тепер розповімо про чорноморських хвилях. Часта повторюваність сильних вітрів, значні розміри моря, великі глибини, слабка изрезанность берегової лінії сприяють розвитку хвилювання. Найбільші висоти хвиль в Чорному морі - 14 метрів. Довжина таких хвиль становить 200 метрів. На підходах до Сочі максимальна висота хвиль дорівнює 6 метрам, довжина - 120 метрів.

## 2.2 Температура, солоність і густина води

Значне опріснення вод Чорного моря призводить до того, що густина води в ньому значно нижча за густину океанської. Максимальна густина води у глибинних шарах моря не перевищує  $1017,2 \text{ кг/м}^3$ . Найбільші просторові перепади її спостерігаються на поверхні моря: від  $1008 \text{ кг/м}^3$  у гирлових ділянках у весняний період до  $1014,4 \text{ кг/м}^3$  у центральній частині моря

взимку. З глибиною перепад густини згладжується, на глибині 100 м діапазон значень становить 1015-1016 кг/м<sup>3</sup>. Вертикальний обмін вод у Чорному морі досить обмежений через різку стратифікацію, викликану опрісненням незначного верхнього шару води річковими стоками і постійним притоком у глибинні шари високосолоних вод із Середземного моря через протоку Босфор. Для вертикальної структури густини вод Чорного моря характерна наявність двох пікноклінів (стрибків густини). Сезонний пікноклін триває з квітня по листопад у шарі 10-20 м і досягає найбільшого розвитку у липні та серпні (0,1 кг/м<sup>3</sup>·м<sup>-1</sup>). Сезонний пікноклін є наслідком поєднання сезонних гало і термокліну. Основний пікноклін, що відповідає основному галокліну, знаходиться на глибині 80-90 м; вертикальний градієнт густини становить в середньому 0,018-0,021 кг·м<sup>-3</sup>·м<sup>-1</sup>. Взимку обидва пікнокліни слабшають, що сприяє інтенсифікації вертикального обміну вод. Підвищені значення густини у центральній частині моря і знижені у прибережній смузі пов'язані із системою вертикальних рухів, завдяки яким піднімаються солоні густі води в центрі й опускаються менш густі на периферії моря. Сезонний хід густини води відображає взаємовплив сезонної мінливості температури і солоності. У поверхневому шарі вод центральної частини моря максимальна густина спостерігається у березні (1014,4 кг/м<sup>3</sup>), мінімальна – у серпні (1011 кг/м<sup>3</sup>). Густину води на картах цього атласу подано в умовних одиницях густини, прийнятих в океанографії ( $\sigma_t - 1000$  кг/м<sup>3</sup>).

Температура води у Чорному морі коливається від значень температури замерзання води (-0,97° С при солоності 18‰ і -0,54° С при солоності 10‰) у прибережній смузі північної частини моря до 28- 29° С при максимальному її прогріванні. Середня температура по всьому об'єму моря становить 8,96° С. Це значно вище середньої температури в океанах, але нижче за середню температуру у Середземному морі. Сезонний хід температури є максимальним на поверхні. У північно-західній частині моря амплітуда сезонних коливань сягає 20° С. У частині, прилеглої до південно-західного Криму, річний хід є мінімальним, тут амплітуда сезонних коливань на поверхні не перевищує 16° С. На глибині 100 м амплітуда сезонних змін температури зменшується у 30 разів порівняно з поверхнею моря. З глибиною температура води падає. Максимум вертикального градієнта температури влітку (термоклін) знаходиться на глибині 15-20 м (середнє значення ~1° С м<sup>-1</sup>). Характерним для Чорного моря є холодний проміжний шар (ХПШ) – шар підповерхневого мінімуму температур на глибинах 40-80 м, що традиційно виділяється по ізотермі 8°С. Нижче ХПШ температура води рівномірно підвищується з глибиною до значень 9,1°С біля дна. Сезонний цикл вертикальних профілів температури розвивається у такій



послідовності: утворення верхнього перемішаного шару завтовшки 30-50 м у січні-березні, поступове опускання осі ХПШ (глибини мінімуму температури) з 20-30м у березні-квітні до 70-80м у грудні, розвиток сезонного термокліну з квітня по серпень, ослаблення термічної стратифікації з вересня по грудень, заглиблення і остаточне руйнування термокліну у грудні-січні. Сезонний хід температури води обумовлений різними гідрометеорологічними та океанографічними процесами: тепловим балансом поверхні моря, зимовою конвекцією, перерозподілом вод течіями, теплообміном із суміжними шарами, вертикальними рухами вод. Характерним для просторового розподілу температури поверхневого шару в Чорному морі є зростання температури в напрямку з північного заходу на південний схід протягом всього року. Це визначається регіональними кліматичними особливостями: північно-західна частина Чорного моря характеризується помірним кліматом, тоді як клімат східної половини моря субтропічний. У зимовий період мінімальні температури спостерігаються не тільки в північно-західній частині, але і в центрі моря, що пов'язано з оновленням в центрах циклонічних кругообігів води ХПШ. Локальний мінімум у центральній частині Анатолійського узбережжя, викликаний стійким підняттям вод, існує з травня по жовтень, найбільш розвинений він у червні. Просторові контрасти температур найбільш різкі взимку, у весняно-літній період вони значно згладжуються. Просторовий розподіл температури у шарі 100-200 м обумовлений загальною схемою вертикального руху води – висхідний у центрі моря і низхідний на периферії. Протягом всього року температура у цьому шарі характеризується підвищеними значеннями в центральній частині моря і зниженими значеннями на материковому схилі. На глибині 75 м просторова різниця центр-периферія становить 0,4-1,2°C.

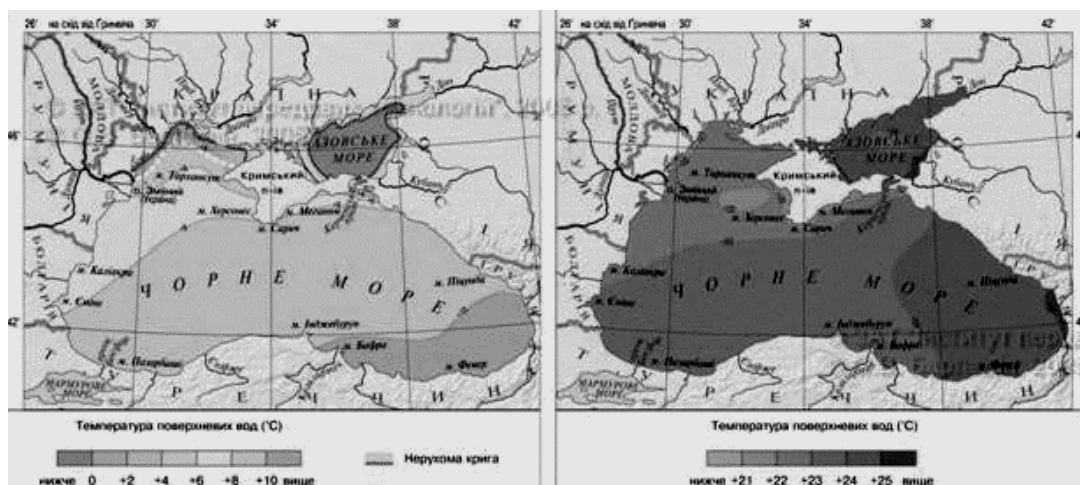


Рис. 2.2 Температура поверхневих вод

Поле солоності Чорного моря формується балансом прісних вод і водообміном через протоку Босфор. Переважання прісної води, що надходить з річковими стоками і опадами, над випаровуванням призводить до відносно низького вмісту солей порівняно з багатьма морськими басейнами. Солоність поверхневого шару Чорного моря (18 ‰) майже удвічі нижча за солоність поверхневих вод Світового океану. Середня солоність всього об'єму Чорного моря становить 21,96 ‰: у шарі 0-300 м – 20,26 ‰, у шарі 400-2000 м – 22,26 ‰. Діапазон інструментально виміряних показників солоності води у Чорному морі досить широкий: від 0 до 38 ‰. Ізольовані об'єми прісної води у поверхневому шарі спостерігаються поблизу гирл річок у період паводків, високосолоні середземноморські води проникають в море через підводний каньйон – продовження протоки Босфор. Середня солоність рівномірно зростає з глибиною: на поверхні моря вона становить 17,6 ‰ (у травні) – 18,1 ‰ (у лютому), біля дна досягає 22,33 ‰. Характерним для вертикальної халинної структури моря є наявність двох галоклінів (шарів стрибка солоності): сезонного – у шарі 0-30 м і основного – у шарі 50-200 м. Сезонний галоклін є добре вираженим у період з квітня по вересень. Максимум вертикального градієнта солоності з часом поступово опускається від поверхні моря до глибини 20 м ( $0,02-0,05\text{‰}\cdot\text{м}^{-1}$ ). Максимум вертикального градієнта ( $0,03-0,04\text{‰}\cdot\text{м}^{-1}$ ) в основному галокліні знаходиться на глибині 50-70 м. Просторовий розподіл солоності у поверхневому шарі Чорного моря визначається географічним положенням основних джерел опріснення: на північно-західному шельфі (р. Дунай, р. Дніпро, р. Дністер), в південно-східній частині моря (р. Ріоні, р. Чорох, р. Інгури, р. Кодорі), у центральній (р. Кизилірмак, р. Ешільірмак) і західній (р. Сакар'я, р. Фільос) частинах Анатолійського узбережжя. В районі Керченської протоки помітний вплив азовоморських вод зниженої солоності. Мінімум кліматичної солоності на поверхні моря спостерігається поблизу гирла Дунаю у травні (12 ‰), максимум солоності – у центрах циклонічних кругообігів у лютому (18,4 ‰). Підвищені показники солоності в центральній частині моря і знижені у прибережній зоні обумовлені загальною схемою вертикального руху води, висхідних – у центрі і низхідних на периферії моря. З глибиною різниця між солоністю у центрі і на периферії моря зменшується (1-1,5 ‰ на глибині 75 м). Найконтрастніше поле поверхневої солоності формується у травні, а найбільше опріснення центральних частин моря припадає на липень. Сезонний хід солоності обумовлений різними гідрометеорологічними і океанографічними процесами: водним балансом на поверхні моря, зимовою конвекцією, перерозподілом вод течіями, вертикальними рухами і

солеобміном із суміжними шарами. Мінімальний вмістом у шарі 0-200 м припадає на літній сезон, коли процес перерозподілу річкових вод, що надійшли у період весняного паводка, супроводжується зниженням інтенсивності загальної циркуляції і вітрового перемішування. Максимальний вміст солі спостерігається взимку, коли відбувається активне вітрове і конвективне перемішування у поверхневому шарі, а посилення загальної циркуляції моря забезпечує підйом глибинних вод підвищеної солоності. Найбільша сезонна мінливість солоності відзначається у північно-західній частині моря у гирлах Дунаю і Дніпро-Бузького лиману, де амплітуда сезонних коливань на поверхні досягає 4 ‰. У центральній частині моря річний хід мінімальний, амплітуда сезонних коливань на поверхні не перевищує 0,4 ‰. Сезонний хід температури і солоності на різних горизонтах може якісно різнитися між собою. У верхньому шарі 0-50 м ці характеристики знаходяться у протифазі: мінімальні значення температури у зимовий період відповідають максимальним значенням солоності і, навпаки, у літній період солоність мінімальна, а температура максимальна. У шарі основного галокліну (75-200 м) сезонні цикли температури і солоності подібні: мінімальні значення спостерігаються у весняний період, максимальні – восени.

### 2.3 Льоди

Крижаний покрив спостерігається, як правило, у північно-західній і північній частинах Чорного моря. У суворі та дуже суворі зими він зустрічається також уздовж західного берега, на крайньому північному сході, включаючи Керченську протоку, і біля Кримського півострова в районах мису Тарханкут, порту Євпаторія, у Севастопольській та Феодосійській бухтах. Крига на Чорному морі, за винятком деяких ділянок, утворюється зазвичай у середині грудня – на початку січня, перш за все вона з'являється в гирлах великих річок. Найважчим у льодовому відношенні є період з кінця січня до початку березня. На Чорному морі переважає крига місцевого походження, а в районах гирл річок – крига, що виноситься річками. Біля відкритих берегів і мористіше них найчастіше спостерігається дрейфуюча крига, а в лиманах, затоках і бухтах – нерухомий лід. Крижаний покрив нестійкий; протягом зими неодноразово у прибережній зоні моря відбувається його скресання і замерзання. Скресання й очищення моря від криги настає, як правило, наприкінці лютого – початку березня, причому

спочатку лід зникає у відкритому морі, а потім у лиманах, затоках і бухтах. Наприкінці березня море повністю звільняється від криги.

## 2.4 Прозорість і колір води

Як екологічний фактор прозорість води має велике значення. Вона залежить від кількості живих істот, органічних та неорганічних часток, завислих у воді, і, у свою чергу, визначає глибину проникнення сонячного променя у товщу води. Особливе значення має так звана фотосинтетично активна радіація Сонця, від якої залежить життєдіяльність рослин. Більша прозорість води у Чорному морі спостерігається у центральних водах та біля скелястих берегів, віддалених від річкових гирл. Річки поставляють у море пісок, частки мулу та поживні речовини для рослин. Тому поблизу гирл річок створюються умови для масового розмноження водоростей, зокрема фітопланктону, і в результаті вода набуває незвичайного кольору, іноді навіть червоного, прозорість води знижується, що у свою чергу гальмує розвиток донних водоростей. У північно-західній частині Чорного моря, де найбільшою мірою виявляється вплив річкового стоку, та навпроти Керченської протоки, прозорість води не перевищує 10-12 м, тоді як у районі мису Тарханкут та Південного берега Криму вона сягає 20 м і навіть більше. Саме ці ділянки моря люблять підводні фотографи та кінооператори, для яких освітленість підводних пейзажів має вирішальне значення. Під час океанографічних робіт прозорість води найчастіше визначають за допомогою білого диска діаметром 30 см (диск Секкі). Глибину, на якій неможливо розглядіти диск, називають відносною прозорістю води. В окремих ділянках Середземного моря диск Секкі зникає на глибині 35- 40 м, а у Саргасовому морі — на глибині до 65-70 м. Там найкраще робити підводні спостереження та фотографувати. Проте щодо біологічних ресурсів, зокрема риби, то перше місце посідають моря з невисокою прозорістю води, такі як Азовське, Каспійське, Балтійське, північно-західна частина Чорного моря. Для забезпечення нормальної життєдіяльності водних організмів вирішальне значення мають так звані біогенні елементи — хімічні елементи, які постійно входять до складу організмів. До них належать кисень, вуглець, водень, кальцій, азот, калій, фосфор, магній, сірка, хлор, натрій, залізо. Велике значення мають також мікроелементи (алюміній, бор, йод, кремній, мідь, титан тощо), кількість яких у організмах рослин та тварин вимірюється тисячними частками процента, але які є складовою частиною специфічних біохімічних сполук (ферментів, гормонів, вітамінів тощо), що відіграють надзвичайно важливу роль в організмі живих істот. Збагачення морських вод

такими біогенними елементами, як сполуки азоту і фосфору (їх називають поживними речовинами), зумовлює інтенсивне розмноження рослин, а надмірне внесення таких речовин у море спричиняє евтрофікацію — складний екологічний процес з багатьма негативними екологічними та економічними наслідками. До речі, сучасне Чорне море, насамперед його північно-західна частина, належить до найбільш евтрофікованих ділянок світового океану.

## 2.5 Вітри

Сезонні зміни атмосферного тиску над Чорним морем є наслідком взаємодії постійних і сезонних баричних систем: Азорського максимуму, Азійського антициклону з відрогами над Західною Азією, зимової циклонічної області над Середземним морем і глибокої літньої термічної депресії над Північною Африкою і Західною Азією. Взимку відріг Азійського максимуму визначає атмосферний тиск на півночі і північному сході Чорного моря. Влітку Азійський антициклон руйнується і Чорне море переходить під вплив Азорського максимуму. Південна половина Чорного моря восени і взимку перебуває в області дії Середземноморської термічної депресії, а влітку – Аравійської. На кліматичних місячних баричних полях область підвищеного тиску протягом усього року розташовується у північній частині моря, а область зниженого тиску – у південній. Просторовий розподіл середнього баричного поля має дві модифікації: зимову – із січня по квітень, коли область зниженого тиску розташовується над серединою півострова Мала Азія, і літню – із червня по жовтень, коли ця область зміщується у південносхідну частину моря. Зимова модифікація є наслідком зимової активізації середземноморських циклонів, що виходять на Чорне море з півдня, літня – пов'язана з термічними умовами підстилаючої поверхні, а саме – постійним максимумом теплозапасу верхнього шару води південно-східної частини Чорного моря. У травні і грудні спостерігається перехідний режим, при якому депресія розташовується над центром моря. Кліматична місячна швидкість вітру є максимальною у січнілютому – до  $9 \text{ мс}^{-1}$  і мінімальною – у червні липні. Область постійного максимуму швидкості вітру знаходиться на північний захід від Криму, постійного мінімуму – у південносхідній частині моря. Локальний максимум швидкості вітру існує також у зоні на південь від Керченської протоки. Напрямок переважних вітрів протягом всього року циклонічного типу: північносхідні вітри – у західній частині моря і південносхідні – у східній. У південносхідній і центральній областях моря напрямок вітрів залежить від сезонної зміни баричного поля.

## 2.6 Тумани

Про підсоння українського чорноморського узбережжя була вже мова в загальному описі клімату України. Нагадаємо ще коротко тільки про деякі метеорологічні явища, які мають важливе значення для морського сполучення, як тумани, вітри й бурі.

Туман є для судноплавства чималою перешкодою.

На всьому Чорному морі тумани з'являються в холодну пору року (від жовтня до червня). У відкритому морі вони найчастіше бувають в квітні й травні. Найменше туманів буває на кримському узбережжі (максимум — у травні, мінімум — у серпні) і кавказькому (максимум на весні, мінімум-улітку).

Частіші й густіші тумани стеляться на зах. й півн.-зах. узбережжі Чорного моря (максимум узимку) і на Озівському (максимум восени).

Найчастіше тумани бувають у протоках Керчинській і Босфорській, де вони стеляться впродовж цілого року, не виключаючи й літніх місяців.

Вітри. На зах. й на півн.-зах. та кримському узбережжі цілий рік переважають півн. вітри (12-20 %) усіх напрямків вітру, півн.-сх. (16-20 %) й півн.-зах. (12-21 %). На озівському узбережжі цілий рік переважають вітри сх. (19-26 %) і півн.-сх. (14-16 %); на кавказькому в зимку півн.-сх. (17 %), сх. (16 %) і півд.-сх. (14 %), влітку-півн.-зах. (25%) і зах. (13%).

Безвітря буває найчастіше на кримському узбережжі (17-20%), рідше на кавказькому (10-12%) й озівському (10-13 %), найрідше на півн.-зах. (7 %) і на зах. (4-5 %).

Бурі бувають найчастіше на Озівському морі, рідше — на півн.-зах. і кримському, найрідше на кавказькому узбережжі. Найбагатші на бурі в усіх частинах Чорного й Озівського моря — зимові місяці (максимум у січні), найрідші бурі в літні місяці (мінімум у червні).

Зимові бурі охоплюють більшу територію й тривають довше, літні здебільшого скоро проминають і бувають більш місцевого характеру.

На кавказькому узбережжі, між Анапою і Туапсе, бувають дуже холодні різкі вітри, звані борою.

## 2.7 Хмарність і опади

Найбільша кількість опадів у чорноморському регіоні випадає на узбережжі Кавказу (до 1500 мм на рік), найменше - у північно-західній частині моря (близько 300 мм на рік). Хмарність за рік у середньому становить 60% з максимумом взимку і мінімумом влітку.

## 2.8 Особливі метеорологічні явища

Штормове посилення швидкості вітру над Чорним морем зумовлюється, здебільшого, циклонічною діяльністю. Один з типів розвитку штормових ситуацій виникає внаслідок проходження середземноморських циклонів через Малу Азію і південь Чорного моря та одночасного формування області високого тиску над сходом Європи. При іншому типі баричного поля середземноморські циклони виходять на захід і північ Чорного моря, або циклони з району Балтійського моря, Скандинавії зміщуються на Балкани. Штормові вітри в усіх районах моря спостерігаються кожного сезону. Найбільшої інтенсивності і тривалості вони набувають холодної пори року: з листопада по березень. Найчастіше сильні і штормові вітри спостерігаються у північній частині моря, найрідше – у південно-східних районах. Над відкритою частиною моря спостерігаються різні за напрямком штормові вітри. Над західною половиною моря переважають вітри північних напрямів, над північним сходом моря – північно)східних, а над південним сходом – північно)західних. Найменшу повторюваність над Чорним морем мають сильні вітри південно)східного напрямку. Найжорстокіші шторми виникають при проходженні глибоких циклонів. Одним з прикладів такого шторму став сильний шторм 15 листопада 1992 р., який виник в результаті швидкісного переміщення (60 км/год.) середземноморського циклону з півдня Апеннінського півострова через Грецію на південно-західну частину Чорного моря. Атмосферний тиск у центрі циклону знижувався до 985 мб з перепадом тиску на заході моря до 30 мб. Швидкість вітру південного і південно)західного напрямів становила 15-20 мс<sup>-1</sup>, місцями до 30 мс<sup>-1</sup>; при зміні напрямку на західний і північно)західний вітер досягав 30-40 м/с.

Рози хвилювання обраховано за даними напівінструментальних чи візуальних спостережень за хвилюванням, що регулярно (3-4 строки на добу) проводилися впродовж тривалого періоду на хвилемірних постах станцій Державної гідрометеослужби України: Усть-Дунайськ (1983-2005), Іллічівськ (1963-2005), Одеса (1950-2005), Южний (1982-2005), Хорли (1948-2005),

Чорноморське (1953-2005), Євпаторія (1952-2005), Херсонський маяк (1954-2005), Ялта (1949-2005), Алушта (1949-2005), Феодосія (1949-2005), Завітне (1950-2005), Мисове (1954-2002), Бердянськ (1954-2002), Маріуполь (1954-2002), Должанська (1954-1990), Приморсько-Ахтарськ (1954-1990). Пункт Завітне не є портом, але спостереження на цьому хвилемірному посту характеризують режим хвилювання у південній частині Керченської протоки і прилеглий частині моря – досить небезпечній для мореплавства зоні.

Для обрахунку роз вітрів використано матеріали багаторічних (від 22 до 60 років) регулярних термінових спостережень за вітром у прибережній зоні Чорного та Азовського морів, що проводилися на 18 станціях Державної гідрометеослужби України, розташованих в основних портах вищеназваних морів. Для обрахунку роз вітрів у відкритих частинах північно-західного і північно-східного шельфів Чорного моря було використано цифрові масиви атмосферного тиску і розрахованого вітру над Чорним морем. Масиви складено за даними кільцевих синоптичних карт у вузлах регулярної сітки  $20^{\circ} \times 30^{\circ}$  для кожної доби за період з 1960 по 1998 рр. Приводний вітер обраховувався за методикою, викладеною у «Керівництві з морських гідрологічних прогнозів», С.Петербург, Гідрометео видав, 1994, 525 стор. (рос. мовою). Рози штормових вітрів побудовано за даними величин повторюваності вітру силою  $11 \text{ мс}^{-1}$  і більше.

## 2.9 Господарське використання

Найважливіші порти Чорного моря — Одеса, Чорноморськ, Миколаїв, Скадовськ, Євпаторія, Севастополь тощо. На шельфі Чорного моря розвідані промислові запаси нафти й природного газу, у воді є залізо, срібло, мідь, сіль тощо. Лікувальне значення мають грязі чорноморських лиманів.

Чорне море багате на ресурси, які використовуються людиною. Близько берегових ліній і на шельфі є великі родовища природного газу і нафти, хімічної і мінеральної сировини. Чорне море славиться і біологічними ресурсами: водоростями, рибою, молюсками. Вони широко використовуються в харчовій промисловості. З водоростей тут добувають ламінарію і філофори, з якої роблять лікарські препарати. Менше використовуються запаси цистозири (бурої водорості) і зостери (морської трави).

Щороку людина тоннами виловлює креветки і мідії, рибу і навіть дельфінів. Все це йде в харчову промисловість. Види господарської діяльності людей, які пов'язані з Чорним морем, не обмежуються тільки



виловом риби та видобутком нафти. Сьогодні його басейн активно експлуатується людьми. Особливо важливе його значення як транспортного шляху: по Чорному морю кожен день відбуваються вантажні перевезення, транспортні коридори і поромні переправи. Також воно використовується як рекреаційна зона відпочинку, яка приносить країні, що омивається морем, непоганий прибуток в сезон.

### 3 ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ АПВЕЛІНГУ НА ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ

Іноді в літні місяці біля узбережжя Чорного моря спостерігається різке зниження температури морської води. Це пов'язано з явищем, яке носить назву Апвелінг.

Апвелінгу в океанології називається явище підйому глибинних морських вод на поверхню. В силу різних причин поверхнева вода йде, і її місце займає зазвичай більше холодна глибинна вода.

Прибережний апвелінг виникає внаслідок згону поверхневих вод вітром і підйому на їх місце глибинних вод. Вітер, що дме під певним кутом з боку суші, відганяє масу води з поверхні від берега.

Якщо море дрібне, то в цьому районі знизиться рівень води, зміниться глибина. Але якщо ухил дна поблизу берега досить крутий, то на зміну зниклим водам з глибин піднімається холодна придонна вода.

Зазвичай апвелінг виникає при сильному і тривалому вітрі, направленому приблизно паралельно березі, що знаходиться зліва від повітряного потоку або під невеликим кутом до нього. Випадки апвеллінга, викликаного вітрами з суші, нечисленні і спостерігаються, головним чином, в тих прибережних районах, де орографія місцевості сприяє виникненню таких вітрів (наприклад, фен або бору).

Відбувається це в результаті відхиляє дії обертання Землі. Тому, при згону вітрі поблизу пріглубие берега спостерігається підйом глибинних вод - прибережний апвелінг. Цей тип апвеллінга може виникати епізодично внаслідок згону вітрів при проходженні циклонів або антициклонів. Таке явище часто спостерігається в Чорному морі поблизу кримських і кавказьких берегів. При цьому зниження температури води при апвелінгу досягає від кількох градусів до 10-15 ° С.

Якщо море дрібне, то в цьому районі знизиться рівень води, зміниться глибина. Але якщо ухил дна поблизу берега досить крутий, то на зміну зниклим водам з глибин піднімається холодна придонна вода.

Зазвичай апвелінг виникає при сильному і тривалому вітрі, направленому приблизно паралельно березі, що знаходиться зліва від повітряного потоку або під невеликим кутом до нього. Випадки апвеллінга, викликаного вітрами з суші, нечисленні і спостерігаються, головним чином, в тих прибережних районах, де орографія місцевості сприяє виникненню таких вітрів (наприклад, фен або бору). [2]

Відбувається це в результаті відхиляє дії обертання Землі. Тому, при згону вітрі поблизу пріглубие берега спостерігається підйом глибинних вод - прибережний апвелінг. Цей тип апвеллінга може виникати епізодично внаслідок згону вітрів при проходженні циклонів або антициклонів. Таке явище часто спостерігається в Чорному морі поблизу кримських і кавказьких берегів. При цьому зниження температури води при апвелінгу досягає від кількох градусів до 10-15 ° С.

Таким чином, зниження температури морської води біля узбережжя викликано стійкими вітрами постійних напрямків. Для різних ділянок узбережжя явище апвеллінга викликають вітру певних напрямків. Прогнозування апвеллінга може базуватися на прогнозі приземного вітру біля морського узбережжя, а також на обліку основних чорноморських течій.

### 3.1 Апвелінг та його наслідки

Те, що ми звикли вважати морем, має глибину близько 100 метрів. Нижче причаїлася млява і смертельно небезпечна отруйна бездна. Море заповнене розчиненим сірководнем, газом із запахом тухлих яєць. У центрі моря сірководнева зона наближається до поверхні приблизно на 50 метрів, ближче до берегів глибина, звідки починається заморної зона, збільшується до 300 метрів. У цьому сенсі Чорне море унікальне, воно єдине в світі без твердого дна.

У всіх лоціях і атласах зазначено, що середня глибина Чорного моря 1300 метрів. Від поверхні води до дна улоговини моря дійсно в середньому майже півтора кілометра, але те, що ми звикли вважати морем, має глибину, в кілька разів меншу, близько 100 метрів. Нижче причаїлася млява і смертельно небезпечна отруйна безодня. Це відкриття зробила російська океанографічна експедиція в 1890 році. Промери показали, що море практично повністю заповнено розчиненим сірководнем, отруйним газом із запахом тухлих яєць. У центрі моря сірководнева зона наближається до поверхні приблизно на 50 метрів, ближче до берегів глибина, звідки починається заморної зона, збільшується до 300 метрів. У цьому сенсі Чорне море унікальне, воно єдине в світі без твердого дна.

Рідка опукла лінза мертвої води стелить тонкий верхній шар, де і зосереджена вся морська життя. Підстилаюча лінза дихає, пучітсь, час від часу прориваючись на поверхню з-за зганяючі вітрів. Великі прориви трапляються рідше, останній відбувся під час ялтинського землетрусу 1928 року, коли навіть далеко від моря відчувався сильний запах тухлих яєць і на

морському обрії спалахували громові зірниці, що йдуть палаючими стовпами в небеса (Сірководень  $H^2S$  це горючий і вибухонебезпечний отруйний газ). До сих пір ведуться суперечки щодо джерела сірководню в глибинах Чорного моря. Одні вважають головним джерелом відновлення сульфатредуючими бактеріями сульфатів при розкладанні мертвої органічної речовини. Інші дотримуються гідротермальної гіпотези, тобто надходження сірководню з тріщин на морському дні. Втім, протиріч тут немає, мабуть, діють обидві причини. Чорне море влаштовано так, що його водообмін з Середземним морем йде через мілководна Босфорську поріг. У Мармурове море і далі йде опріснення річковим стоком, а тому легша чорноморська вода, а назустріч їй, точніше під нею, через Босфорську поріг в глибину Чорного моря скочується більш солоні і важча середземноморська вода. Виходить щось на зразок гігантського відстійника, в глибинах якого протягом останніх шести-семи тисяч років поступово накопичувався сірководень.

На сьогодні ця мертва товща становить понад 90 відсотків обсягу моря. У ХХ столітті в результаті забруднення моря органічним антропогенним речовиною кордон сірководневої зони піднялася з глибини на 25 - 50 метрів. Простіше кажучи, кисень з верхнього тонкого шару моря не встигає окисляти сірководень, підпирає знизу. Ще десять років тому ця проблема вважалася однією з першочергових в країнах Причорномор'я. Сірководень є сильнодіючою отруйною і вибухонебезпечною речовиною. Отруєння настає при концентрації від 0,05 до 0,07 мг / м<sup>3</sup>. Гранично допустима концентрація сірководню в повітрі населених місць 0,008 мг / м<sup>3</sup>. На думку ряду експертів і вчених для детонації сірководню в Чорному морі достатньо потужності заряду еквівалентній Хіросімі. При цьому наслідки катастрофи будуть порівнянні з тим, як якщо б у нашу Землю врізався астероїд з масою в 2 рази менше маси Місяця.

Всього сірководню в Чорному морі понад 20 тисяч кубічних кілометрів. Зараз про проблему забули в силу незрозумілих обставин. Правда, від цього проблема не зникла. На початку 1950-х років в затоці Уолфіш-Бей (Намібія) висхідне протягом (апвелінг) винесло на поверхню сірководневі хмара. До ста п'ятдесяти миль вглиб материка відчувався запах сірководню, потемніли стіни будинків. Відчуття запаху тухлих яєць уже означає перевищення ГДК (гранично допустимої концентрації). По суті, жителі Південно-Західної Африки пережили тоді «м'яку» газову атаку. На Чорному морі газова атака може бути набагато жорсткіше. Припустимо, комусь спаде на думку перемішати море або хоча б його частину. Технічно це, на жаль, можна здійснити. В порівняно мілководній північно-західній частині моря, де-небудь на півдорозі між Севастополем і Констанцою, можна

провести підводний ядерний вибух порівняно невеликої потужності. На березі його помітять хіба що прилади. Але через кілька годин там же, на березі, відчують запах тухлих яєць. При самому благополучному збігу обставин через добу дві третини моря перетворяться в братське кладовище морських організмів. При неблагополучному в братські кладовища перетворяться і прибережні населені пункти, де живуть організми вже не морські. У попередніх двох фразах оцінні прикметники «благополучне» і «неблагополучний» можна поміняти місцями, це з якої позиції подивитися.

Якщо з позиції людини або групи людей, які поставлять собі за мету паралізувати жахом народи одразу півдюрини країн, то треба поміняти. Втім жадібність нафтових і газодобувних компаній гірше будь-якого Бена з його ладаном. Відчуваючи, що кінець ери вуглеводневої сировини дуже близький, і вимірюється парою десятиліть, після чого настане ера тотальної стагнації, і повного занепаду сировинної економіки, бізнесмени від держави в агонії і в розпачі кинули на хрін труби високого тиску для паливопроводів прямо по дну Чорного моря. Більшого мракобісся важко було й чекати. Це така одноразова конструкція вихідного дня, ремонтувати і профілакувати яку в умовах вибухонебезпечного сірководню не представляється можливим. У всіх ще на пам'яті пасажирський поїзд Адлер-Новосибірськ, цілком згорів через аварію паливопроводів. Не треба бути експертом хіміком або фізиком, щоб зрозуміти, що відбудеться в разі прориву паливопроводу в глибинних шарах сірководню Чорного моря. Без коментарів.

Тисячі бізнесменів, які роблять курортні гроші на експлуатації Чорного моря, не підозрюють про те, що скоро настане кінець їх бізнесу, і чорноморське узбережжя з курортної зони перетвориться на зону екологічного лиха, небезпечного для проживання людини. Особливо це відноситься до чорноморського узбережжя Кавказу, де на думку вчених найбільш вірогідний викид в атмосферу великої кількості сірководню. Ще двадцять років тому, ознайомившись з викладками вчених по Чорному морю, вчені побудували графік убування поверхневого шару води з 1890 року по 2020 рік. Продовження кривою графіка вийшло на 15 метрів товщини шару до 2010 року. А воно вже таке відзначено біля Кавказу в 2007 році. Про це навіть повідомлялося 30 травня 2007 року по радіо в м.Сочі. Були повідомлення і про масову загибель дельфінів в Чорному морі. Та й самі місцеві люди відчували якийсь мертвий дух від моря. У районі Нового Афона море вже інше, ніж воно було 20-30 років тому, у другій половині дня вода каламутна, жовта, мертві риби і навіть мертві тварини.

Багато бізнесменів зрозуміли всю безглуздість своїх ідей участі в інвестуванні курортної справи на Чорноморському узбережжі Кавказу. Ніхто

не замислюється про те, що гряде катастрофа, і вона вже не за горами, а зовсім поруч. У багатьох місцевих жителів почуття, що Олімпіада 2014 пройде як прощання нерозумного людини з Чорним морем. Мільйони людей, які проживають на чорноморському узбережжі будуть змушені переселятися подалі від узбережжя через небезпеку загинути в результаті задухи від сірководню і брак кисню повітря. А до цього поголовного втечі жителів з міст-курортів можуть початися масові захворювання жителів прибережної зони зі смертельними наслідками. Настане кінець курортам Чорного моря! Це буде гідною розплатою людей за їх схиляння перед владою Золотого Тельця, за їх презирство до природи, за їх ігнорування питань екологічної безпеки. Адже при розумному підході до справи, можна обернути загрожуєть неприємності на користь економіці та енергетиці.

У воді Чорного моря міститься срібло і золото. Якщо витягти все срібло, яке перебуває у воді Чорного моря, то це склало б приблизно 540 тисяч тонн. Якщо витягти все золото, то це склало б приблизно 270 тисяч тонн. Вже давно розроблені способи добування золота і срібла з води Чорного моря. Найперші примітивні установки були засновані на іонитах, особливих іонообмінних смолах які здатні приєднувати до себе іони розчинених у воді речовин. Але промисловим способом, за своїми особливими технологіями, срібло і золото добувають з води Чорного моря тільки Туреччина, Болгарія і Румунія.

Повідомляється, що групою вчених з Херсона ще в 1990 році був проведений наземний експеримент, що підтверджує роботу такого фонтану, поки не скінчиться сірководень в морі. Вдало закінчився і натурний морської експеримент. Дуже показовий приклад, коли під загрозою знаходиться існування життя, планету рятує купка героїв однаків, яким до того ж ще й уряд заважає і взагалі все навколо. А де ж питається в цей час весь державний потенціал, з його науковою міццю, комп'ютерами, програмами Скептики можуть легко на пальцях перевірити дані, відпливши подалі в море і опустивши у воду товстий шланг з вантажем на кінці. Не рекомендується тільки курити в цей час, щоб не вийшло, як у віршах Чуковського. Багато хто, напевно, пам'ятають слова вірша Корнія Чуковського: "А лисички взяли сірники, до моря синього пішли, море синє запалили". Але мало хто знає, що дитячі вірші Корнія Чуковського дуже уважно вивчають астрологи: як і в катренам Мішеля Нострадамуса, ці вірші містять масу цікавих прогнозів. З географічної прив'язкою "місця підпалу" допоміг Леонід Утьосов: "Самое синє у світі - Чорне море моє!". Це море до недавніх часів було практично єдиним місцем відпочинку жителів цілої країни - СРСР. Навіть великий комбінатор, Остап Бендер там відзначився у пошуках дванадцяти стільців. І

за малим поплатився життям в Ялті в момент знаменитого кримського землетрусу 1928 року. За "випадковим збігом", в момент землетрусу була гроза. Блискавки били куди попало. У тому числі в море. І раптом сталося щось зовсім несподіване: з води на висоту до 500-800 метрів стали вириватися стовпи полум'я. Ось такі ось сірники і лисички.

Однак, значний шар чистої поверхневої води гасив ланцюговий хід реакції. До початку ХХ століття, верхній жилий шар води в Чорному морі становив 200 метрів. Бездумна техногенна діяльність призвела до різкого скорочення цього шару. В даний час місцями його товщина не перевищує 10-15 метрів. Під час сильного шторму сірководень піднімається на поверхню, і відпочиваючі можуть відчувати характерний запах.

На початку століття річка Дон давала в Азово-Чорноморський басейн до 36 км<sup>3</sup> прісної води. До початку 80-х років цей обсяг скоротився до 19 км<sup>3</sup>: металургійна промисловість, іригаційні споруди, зрошення полів, міські водогони. Введення Волгодонської атомної станції забрав ще 4 км води. Аналогічна ситуація сталася за роки індустріалізації і на інших річках басейну. В результаті утоньшення поверхневого жилого шару води, в Чорному морі відбулося різке скорочення біологічних організмів. Так, наприклад, в 50-і роки поголів'я дельфінів досягало 8 мільйонів особин. В наші дні зустріти дельфінів в Чорному морі стало великою рідкістю. Любителі підводного спорту з сумом спостерігають лише залишки жалюгідною рослинності і рідкісні зграйки риб, зникли рапани. Мало хто замислюється наприклад, що всі продавши мільярди тонн сірководню прикриває найтонша водна плівка. Який же сценарій ймовірного катаклізму? В результаті первинного термального поштовху відбудеться об'ємний вибух Н<sup>2</sup>S. Це може привести до найпотужніших тектонічних процесів і переміщень літосферних плит, що, в свою чергу, викличе руйнівні землетруси по всій земній кулі. Але це ще не все! В результаті вибуху в атмосферу будуть викинуті мільярди тонн концентрованої сірчаної кислоти. Це вже будуть не сучасні слабкі кислотні дощі після наших заводів і фабрик. Кислотні зливи після вибуху Чорного моря випалять все живе і неживе на планеті! Або майже все. Природа мудра! Зародження життя на планеті - надто дороге з енергоінформаційного точки зору захід. Практично у всіх біологічних форм на землі - вуглецева основа будови організму, і ДНК з лівою поляризацією. Але є, як відомо сучасним мікробіологам, 4 види бактерій з правого поляризацією ДНК. Ці бактерії "проживають" на планеті в абсолютно ізольованих від інших форм умовах. Їх виявили в кислому окропі вулканів!

По всій видимості, саме ці бактерії дадуть новий поштовх для розвитку життя на Землі в разі, якщо наша цивілізація не зуміє стати розумною і все-таки закінчить життя глобальним самогубством!

### 3.2 Сірководень в Чорному морі

Сірководень в Чорному морі - одне з найвідоміших і незвичайних властивостей моря. Але - надлишок сірководню в глибинних водах Чорного моря - лише один з наслідків того, що глибше 200 метрів - в чорноморській воді немає кисню; ні тварини, ні рослини жити там не можуть. На глибинах від 200 метрів до самого дна Чорного моря - живуть тільки бактерії, що виділяють сірководень. Жодного іншого такого моря в світі немає.

Кисень проникає в воду через поверхню моря - з повітря; і ще - утворюється у верхньому освітленому шарі води (фотичного зона) при фотосинтезі водоростей планктону.

Для того, щоб кисень потрапив в глибини, море має перемішуватися - за рахунок хвиль і вертикальних течій. А в Чорному морі - вода перемішується дуже слабо; потрібні сотні років, щоб вода з поверхні досягла дна. Причини цього незвичайного явища такі:

У Чорному морі, через його опріснення річками, існує дві маси, два шари води, які слабо змішуються один з одним.

Поверхневий шар чорноморської води - до глибини приблизно 100 метрів - переважно річкового походження. У той же час, в глибини моря надходить більш солоні (а значить - і більш важка) вода з Мармурового моря - вона притікає по дну Босфорської протоки (ніжнебосфорское протягом) і опускається вглиб. Тому солоність придонних шарів чорноморської води досягає 30 ‰ (грам солі в літрі води).

Зміна властивостей води з глибиною - не плавно: з поверхні до 50-100 метрів солоність змінюється швидко - від 17 до 21 ‰, а вже далі - до дна - збільшується рівномірно. Відповідно до солоністю змінюється і щільність води.

Температура на поверхні моря завжди визначається температурою повітря. А температура глибоких вод Чорного моря - круглий рік 8-9°C. Від поверхні до глибини 50-100 метрів температура, як і солоність, змінюється швидко - а далі залишається постійною до самого дна.

Це і є дві маси чорноморської води: поверхнева - опріснення, легша і близька по температурі до повітря (влітку вона тепліше глибинних вод, а взимку - холодніше); і глибинна - більш солоні і важка, з постійною температурою.



Шар води від 50 до 100 метрів називається прикордонним - це межа між двома масами чорноморської води, межа, що перешкоджає перемішуванню. Точніше його назва - холодний прикордонний шар: він завжди холодніше глибинних вод, так як, охолоджуючись взимку до 5-6°C, не встигає прогрітися за літо.

Шар води, в якому різко змінюється її температура, називається термоклин; шар швидкої зміни солоності - галокліна, щільності води - пінокліну. Всі ці різкі зміни властивостей води в Чорному морі зосереджені в області прикордонного шару.

Розшарування - стратифікація чорноморської води по солоності, щільності і температурі - перешкоджає вертикальному перемішуванню моря і збагачення глибин киснем. До того ж, вся бурхливо розвивається чорноморська життя дихає - дихають планктонні ракоподібні, медузи, краби, риби, дельфіни, навіть самі водорості дихають - споживають кисень.

Коли живі організми помирають, їх останки стають їжею для бактерій-сапротрофів. При бактеріальному розкладанні мертвої органічної речовини (гнитті) використовується кисень. З глибиною, розкладання починає переважати над процесами створення живого речовини планктонними водоростями, а споживання кисню при диханні і гнитті стає більш інтенсивним, ніж його виробництво при фотосинтезі. Тому, чим далі від поверхні моря - тим менше залишається у воді кисню. У афотіческой зоні море (там, куди не проникає сонячне світло), під холодним проміжним шаром - нижче 100-метрової глибини, кисень вже не виробляється, а тільки споживається; не проникає він сюди і за рахунок перемішування - цьому перешкоджає стратифікація вод.

В результаті, кисню для життя тварин і рослин досить тільки в верхніх 150 метрах Чорного моря. Його концентрація падає з глибиною, і основна маса живого в море - біомаса Чорного моря - зосереджена вище 100-метрової глибини.

У глибинах Чорного моря, нижче 200 метрів - кисню немає взагалі, і там живуть тільки анаеробні сапротрофного бактерії, що продовжують розкладання останків живого, що занурюються з верхнього шару моря. При анаеробному (безкисневому) розкладанні останків утворюється сірководень - речовина, отруйна і для тварин, і для рослин (він блокує дихальний ланцюг мітохондрій). Джерелом сірки служать сірковмісні амінокислоти білків, в меншій мірі - сульфати морської води, що використовуються деякими видами бактерій для окислення органіки.

Ось так і виходить, що 90% водної маси Чорного моря - майже мертві. Але ж і в будь-якому іншому морі або океані майже все життя зосереджене у

верхньому, 100-200-метровому шарі води - як і тут. Правда, через нестачу кисню і наявності сірководню у воді, в Чорному морі відсутній глибоководна фауна, це знижує його біорізноманіття ще більше, до того ж до впливу низької солоності. Наприклад, немає хижих риб глибин з величезними зубастими пащами, перед якими вивішені світяться приманки.

Іноді говорять про те, що сірководень з'явився в Чорному морі внаслідок його забруднення, про те, що сірководню стає все більше, що море на - межі катастрофи . Дійсно, переудобрення - евтрофікація Чорного моря стоком з сільськогосподарських полів в 1970-80-ті роки, викликало бурхливе зростання "сміттевої" морської рослинності - деяких видів фітопланктону, нитчастих водоростей - "твані", стало утворюватися більше органічних останків, з яких при гнитті утворюється сірководень (про це також - в кінці сторінки Зміни екосистеми Чорного моря). Але значних змін в склалося за тисячоліття рівновагу цей "зайвий" сірководень не вніс. І вже точно - немає ніякої небезпеки вибуху сірководню - щоб утворився міхур газу, концентрація молекул цієї речовини у воді повинна бути на порядки більше реальної (8-10 мг/л на глибинах 1000-2000м) - перевірте, використовуючи формули з шкільних курсів хімії і фізики.

Влітку, особливо поблизу берега, утворюється мінливий річний термоклин - межа між прогрітій сонцем поверхневої водою, в якій купаються люди, і холодної глибинної водою. Термоклин опускається в міру прогріву води влітку, досягаючи іноді глибини більше 40 метрів в серпні.

Літній термоклин - тонкий шар води, товщиною від декількох сантиметрів до декількох метрів; часто - він добре видно під водою, і дуже добре відчувається нирцями - пронирнув кілька метрів в напрямку дна, можна потрапити з 20-градусної - в 12-градусну воду.

Літній прибережний термоклин легко руйнується штормом або сильним зганяючи вітром з берега - вода біля берега охолоджується.

Рельєф дна Чорного моря. Чорне море - глибоке; центральну частину його дна займає мулиста абісальна (тобто - глибинна) рівнина, що лежить на двокілометровій глибині, а схили чорноморської западини круті. Максимальна глибина Чорного моря - 2210 м.

Шельф Чорного моря - пологий підводний схил, продовження берега під водою до глибини 100-150м - у гористих берегів (Кавказ, Крим, Анатолія) - не більше кількох кілометрів від берегової лінії. Далі - слід дуже крутий (до 20-30°C) континентальний схил - обрив до глибин понад 1000 метрів. Винятком є мілководна Північно-Західна частина Чорного моря - вона вся відноситься до шельфовій зоні, і, фактично, не є частиною чорноморської западини.

Такий рельєф дна також мало сприяє інтенсивному обміну водою між глибинами моря та його поверхнею, так як поверхня моря виявляється невеликий щодо його обсягу. Чим менше поверхню моря при даному обсязі, тим менше кисню на одиницю об'єму моря потрапляє в море з повітря і створюється водоростями в освітленому шарі води. Тому - і форма западини Чорного моря не сприяє збагаченню його глибин киснем.

Донні опади Чорного моря: якими б не були берега і пляжі - піщані, галькові, або скельні - починаючи з глибини 25-50 метрів, на дні Чорного моря - пісок або гравій. Зі збільшенням глибини, поверхня вкривається уламками стулок мідій, а ще глибше - модіол *Modiolus phaseolus*, які формують фазеоліновий мул шельфу.[3]

Дані геологічних досліджень дна Чорного моря, свідчать, що товщина шару донних опадів, накопичених на абісальної рівнини за всю історію існування Чорного моря - від 8 до 16 км; тобто, глибина опадів - в 4-8 разів більше глибини водної товщі Чорного моря. Товщина шару опадів в 1.5-2 рази більше в західній частині Чорного моря, відокремленої центральним чорноморським меридіональним підняттям - від Анатолії до Криму. Товщина шару опадів на абісальної рівнини, накопичених за останні 3000 років історії сучасного Чорного моря - від 20 до 80 см в різних ділянках дна.

Шар опадів Чорного моря лежить на базальтової плиті 5-10 км товщиною, що покриває мантію Землі. Для Чорного моря характерна відсутність безперервного проміжного шару граніту між опадами і базальтової платформою; гранітний шар звичайний для континентальних морів. Елементи гранітного шару знайдені геологами тільки в східній частині абісальної рівнини. Така структура дна, як в Чорному морі - характерна для океанів.

#### **4 ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОБОТИ І МЕТОДИ ОБРОБКИ**

Як дані вимірювань в Одеській затоці використані спостереження, регулярно виконуються гідрофізичній лабораторією Одеського державного екологічного університету, а саме: середньодобові вимірювання температури поверхневого шару морської води і повітря, солоності поверхневого шару морської води, рівня моря, швидкості і напрямку вітру, наявність сірководню зазначалося органолептичним методом . Проведена вибірка доступних даних по періодах спостережень з травня по вересень включно за 2017 рр. у відповідність з періодом розвитку придонному гіпоксії і формування сірководню в теплий період часу. Використано методи графічної і статистичної обробки для виділення частоти і тривалості апвелліга (upwelling) під дією зганяючі вітру. Зроблено оцінку просторового масштабу придонному гіпоксії за результатами зйомки інструментальних спостережень у вересні 2017р. на базі експедиційних досліджень Державної гідрографії України.

## 5 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОБЛЕМАМИ

Останнім часом у всьому світі підвищився інтерес до вивчення специфічних природних об'єктів, що займають особливе місце на земній поверхні - гирлових областей річок.

Це пояснюється двома основними причинами. По-перше, розширюється господарське використання багатих земельних, водних і біологічних ресурсів гирла річок різними тяжіють до них галузями народного господарства. Це, перш за все сільське господарство (зернове землеробство і виробництво овочевих і технічних культур на родючих мулистих дельтових землях, особливо в умовах теплого клімату); річковий і морський водний транспорт, який використовує сприятливе положення гирла річок на перетині водних шляхів з морів в глиб континентів і навпаки - з річок в моря, і портостроєння, рибне господарство (гирла річок - місця нересту, нагулу і міграції багатьох цінних порід риб). Крім того гирла річок використовують гідроенергетика (спорудження припливних електростанцій), комунальне господарство (водопостачання розташованих в гирлах річок великих портових і промислових центрів і населених пунктів), целюлозна промисловість (видобуток і переробка очерету), рекреація, туризм, полювання і т.д.

По-друге, останнім часом дуже гостро постала проблема охорони гирлових областей річок від виснаження і забруднення. Була підтверджена велика роль гирла річок як виключно біологічно продуктивних районів в підтриманні екологічної рівноваги на великих суміжних територіях суші і акваторіях морів. Гостроту в проблему охорони гирла річок додала яка виявила зовсім недавно велика вразливість цих природних об'єктів по відношенню до природних і, особливо, антропогенним змінам режиму стоку річок і рівня морен, а також якості вод. При цьому виявлено, що в гирлових областях відбуваються зміни режиму та інших природних умов сильніші і негативні, ніж в річках і морях. У багатьох випадках гирла річок перетворилися в об'єкти, що лімітують водогосподарські заходи в річкових басейнах.

Вертикальна структура поля температури закономірно змінюється протягом року. Перед весняним прогріванням вся товща має ту ж температуру, що і поверхня. До травня формується прогрітий шар і добре виражений термоклин на глибині до 5 м з градієнтом до  $1^{\circ}\text{C м}^{-1}$ . До серпня в результаті прогріву і вітрового перемішування термоклин опускається до 15-20 м, а максимальні градієнти можуть досягати  $3-5^{\circ}\text{C м}^{-1}$ . На менших глибинах прогріта водна маса захоплює всю товщу. До листопада

термовитрати з поверхні і зимова вертикальна циркуляція вирівнюють температуру від поверхні до дна. В цей час вона становить близько  $10^{\circ}\text{C}$ , а протягом зими до початку весняного прогріву поступово знижується до  $2-4^{\circ}\text{C}$  в усій товщі [4]. У літній період в придонному шарі морського узбережжя відзначена закономірність утворення дефіциту кисню в міру заглиблення сезонного термокліна. Процес починається на малих (8-15 м) глибинах в червні і закінчується в липні, коли термоклін досягає дна і за рахунок вертикальної однорідності поліпшується аерація придонного шару. На глибинах понад 15 м нижня межа термокліна слід топографії морського дна. Придонний шар формується ізольованою водною масою, де в результаті окислення і відсутності джерел надходження кисню виникає придонна гіпоксія. Рідкісні адвективні струми можуть тимчасово поліпшити кисневий режим, але в цілому розвиток придонного гіпоксії стійко і триває до середини осіннього періоду. Повне скидання відбувається взимку, в результаті осінньо-зимової вертикальної конвекції [4].

Протягом останніх десятиліть основна проблема північно-західного шельфу Чорного моря пов'язана з постійним недоліком розчиненого кисню в придонних шарах в теплий період року. Надалі, багатьма дослідниками відзначалася природа цього явища як результат антропогенного евтрофування північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ). Великомасштабна придонна гіпоксія, коли площа ураження ділянок дна займає, найчастіше до  $1/3$  всієї акваторії ПЗЧМ і продовжительність кисневої недостатності - від 1 до 3 місяців, пов'язана з евтрофікації, якістю річкового стоку і стічних вод. Глобалізація антропогенного евтрофування відзначена в [5, 6, 7,8].

При цьому північно-західний шельф Чорного моря не є винятком, а займає особливо важливе місце серед акваторій внутрішніх морів Світового океану, що знаходяться в кризовому стані. За минулі 40 років області формування придонного гіпоксії на шельфі в літньо-осінній період поширювалися нерівномірно з максимальним проявом цього феномена в 80-і роки. На початку 90-х років, в період економічної кризи в придунайських країнах, було відзначене деяке скорочення надходжень забруднюючих і біогенних речовин з річковим стоком. Однак припущення про відновлення морської шельфової екосистеми зазнали краху. Значний пробіл в моніторингових дослідженнях з 1993 по 2000 рр. не дозволив адекватно оцінити сучасні умови, зокрема на відносному глибоководді між Ізобати 20-50 м, де розвиток гіпоксії найбільш стійко і тривало. Численні прибережні експедиції давали можливість оцінити тільки стан мілководдя (до 15-20 м), де розвиток гіпоксії обмежена травнем - червнем.

## 6 АНАЛІЗ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відомо, що до головної проблеми прибережних і шельфових екосистем відноситься процес формування придонному гіпоксії і масової загибелі донних організмів. Це обумовлено великомасштабним евтрофікації вод Чорного моря починаючи з 70-х років ХХ століття. У ряді публікацій детально описаний процес розвитку евтрофікації і встановлена залежність придонному гіпоксії від ступеня трофності вод і гідрометеорологічних умов [9].

У весняний період, на початку повені, активізується процес фотосинтезу і починає бурхливо розвиватися первинна продукція фітопланктону. Коливання температури поверхневого шару на узбережжі носять чітко виражений сезонний характер - від 2°C в січні до 22°C в серпні. При цьому мінімальні значення взимку можуть бути негативними - 0,4 °C, а максимальні в липні перевищують 27°C. Добовий хід температури на узбережжі при помірному вітрі і штилі може досягати 6°C. Вертикальна структура поля температури закономірно змінюється протягом року. Перед весняним прогріванням вся товща має ту ж температуру, що і поверхня. До травня формується прогрітий шар і добре виражений термоклин на глибині до 5 м з градієнтом до 1°C м<sup>-1</sup>. До серпня в результаті прогріву і вітрового перемішування термоклин опускається до 15-20 м, а максимальні градієнти можуть досягати 3-5°C м<sup>-1</sup>. На менших глибинах прогріта водна маса захоплює всю товщу. До листопада термовитрати з поверхні і зимова вертикальна циркуляція вирівнюють температуру від поверхні до дна. В цей час вона становить близько 10°C, а протягом зими до початку весняного прогріву поступово знижується до 2-4°C у всій товщі. У літній період в придонному шарі морського узбережжя відзначена закономірність утворення дефіциту кисню в міру заглиблення сезонного термокліна. Процес починається на малих (8-15 м) глибинах в червні і закінчується в липні, коли термоклин досягає дна і за рахунок вертикальної однорідності поліпшується аерація придонного шару. На глибинах понад 15 м нижня межа термокліна слід топографії морського дна. Придонний шар формується ізольованою водною масою, де в результаті окислення і відсутності джерел надходження кисню виникає придонна гіпоксія. Рідкісні адвективні струми можуть тимчасово поліпшити кисневий режим, але в цілому розвиток придонному гіпоксії стійко і триває до середини осіннього періоду. Повне скидання відбувається взимку, в результаті осінньо-зимової вертикальної конвекції [9,10,11,12].

Відсутність регулярних спостережень у морях - моніторингу, змушує звертатися до непрямих даних, які можуть бути показниками стану морського середовища, зокрема, умов в придонному шарі - наявність або відсутність кисню і сірководню.

Розглянемо вплив адвективних струмів а придонному шарі, як показників сучасного стану відкритого моря в межах українського шельфу. До причини, що викликає адвективніе струми, відноситься діяльність вітру над поверхнею моря, який зумовлює квазі-односпрямоване протягом на поверхні моря і нахил рівня моря. При цьому за рахунок гравітаційної складової балансу сил, починає відбуватися вирівнювання рівня, а в придонному шарі виникає компенсаційне протягом зворотного напрямку. За умови зганяючи вітру, з боку берега у напрямку у відкрите море, формується протягом в море практично того ж напрямку, рівень знижується і, за рахунок компенсаційного течії в придонному шарі придонна водна маса починає переміщатися у напрямку до берега, зберігаючи при цьому всі властиві їй властивості. До цих властивостей відносяться, в першу чергу, температура, солоність і наявність або відсутність розчиненого кисню або сірководню. При цьому, безпосередньо у берегової лінії чітко проявляється явище апвеллінга (upwelling), тобто вихід на поверхню водної маси з іншими значеннями температури і солоності на відміну від фонових, характерних для теплого періоду року на чорноморському шельфі. За значеннями зниженої температури і підвищеної солоності можна судити про інтенсивність апвеллінга, або згону, а також визначити вертикальну швидкість в море знаючи місце розташування ізотерм і ізгалін в придонному шарі і органолептичним методом відзначити наявність сірководню у воді.

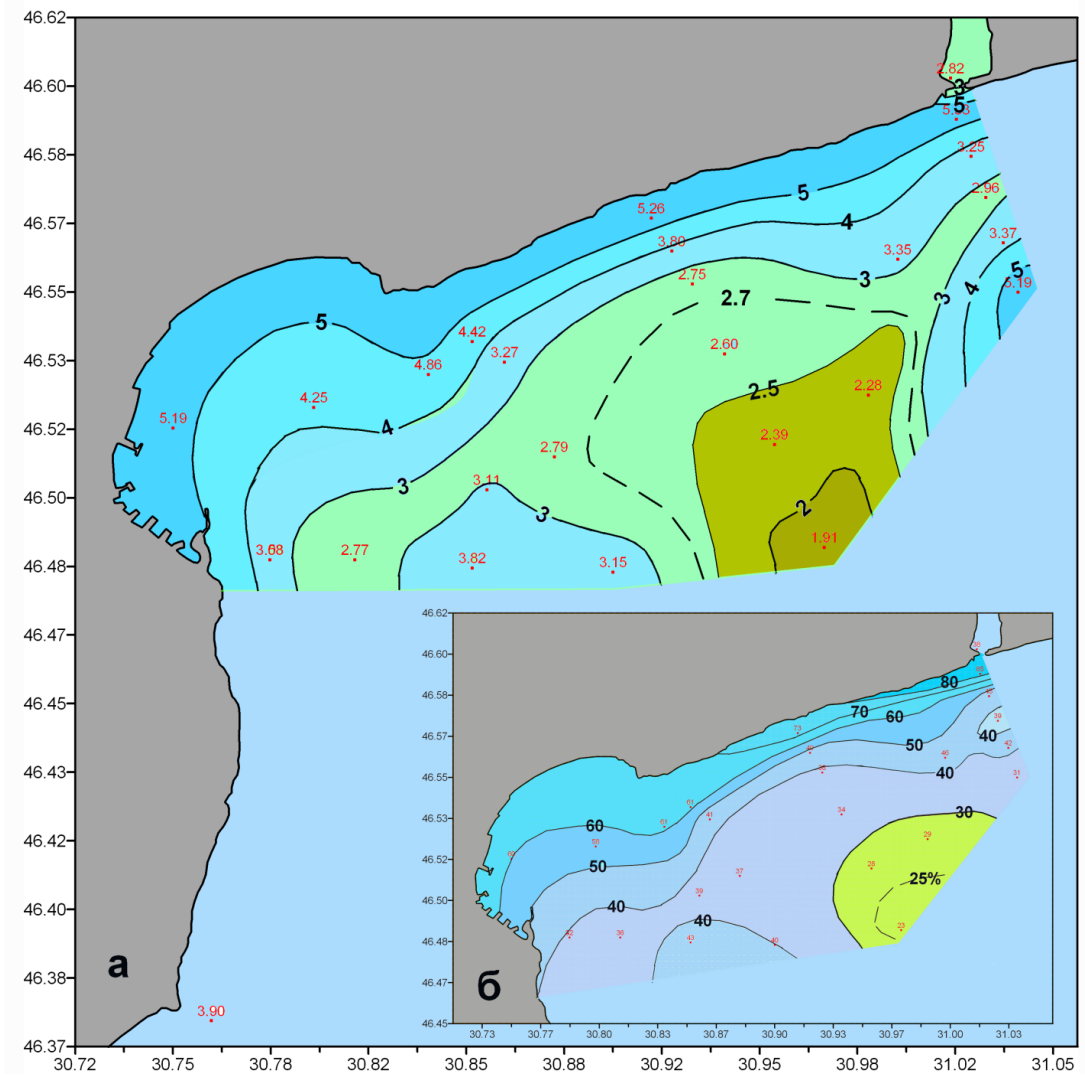
Як зазначалося вище, на початку 90-х років, в період економічної кризи, було відзначене деяке скорочення надходжень забруднюючих і біогенних речовин з річковим стоком. Однак припущення про відновлення морської шельфової екосистеми зазнали краху. Значний пробіл в моніторингових дослідженнях з 2000 року по теперішній час не дозволяє адекватно оцінити сучасні умови, зокрема на відносному глибоководді - на глибинах понад 20 м, де розвиток гіпоксії найбільш стійко і тривало. Крім того, умови гіпоксії і значні запаси біогенних речовин можуть депонувати в донні відкладення, які за певних умов провокують розвиток гіпоксії. За майже 50 - річний період евтрофікації на шельфі, такі запаси можуть бути досить значними.

Незважаючи на скорочення надходжень біогенних речовин в морі, сучасні дані спостережень свідчать - «... про раптове і найінтенсивніший, як мінімум за останні 5 років цвітінні Чорного моря, яке почалося вже в травні і



досягло небаченого розмаху в червні 2017 г. (спутникові знімки NASA навесні 2017 року)[13]. На знімках відзначена виключно висока концентрація планктону у північного та західного узбережжя Чорного моря, від дельти Дунаю і до гирла Дніпра. Підтвердженням і результатом цвітіння служить наступний дефіцит розчиненого кисню в придонному шарі на чорноморському шельфі в вересні 2017р., Коли опустилися скупчення органіки на морське дно утилізували розчинений кисень в придонному шарі в процесі мінералізації. Розподіл розчиненого кисню в придонному шарі представлено на (Рис. 6.1), за даними, отриманими прямими вимірами в вересні 2017р. при виконанні океанографічної зйомки.

Так, найменші концентрації, менш  $2,0 - 2,5 \text{ мл}\cdot\text{л}^{-1}$ . відзначаються на глибинах понад 20 м, а такі низькі значення відповідають явно вираженої гіпоксії. Зазвичай дослідники вважають критерієм початку гіпоксії при значеннях розчиненого кисню у воді - менше  $3 \text{ мл}\cdot\text{л}^{-1}$ . По суті, в тимчасовій динаміці і просторовому відображенні відображено класичний стан морської шельфової екосистеми періоду 70-х років минулого століття, коли відзначалися фрагментарні області поразки донних біценозов і загибелі бентосу. Отже, морська екосистема далека від відновлення і актуальність досліджень більш ніж ґрунтовна. Судячи з ізолініях область поширення гіпоксії дуже велика і складає близько  $200\text{км}^2$ .



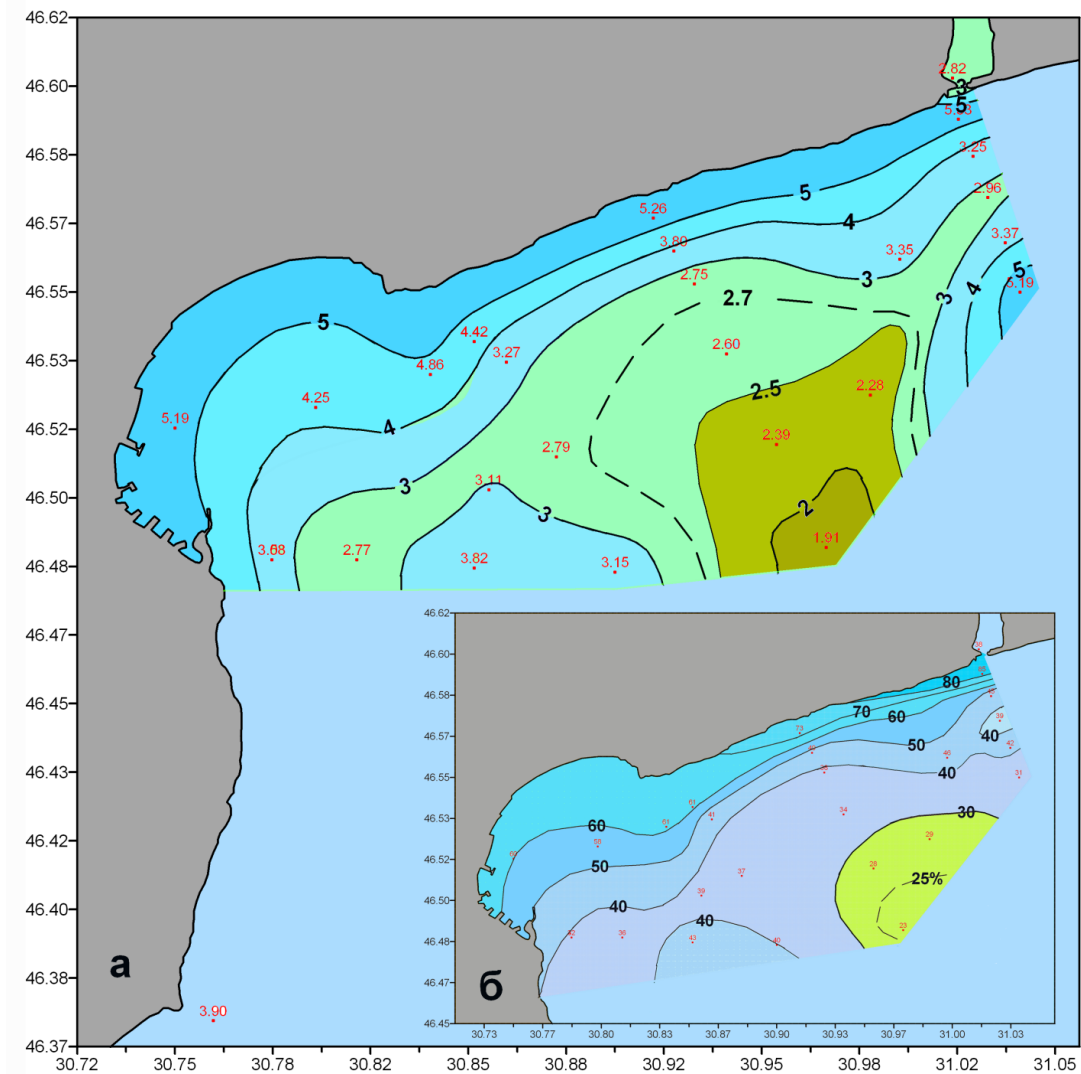


Рис. 6.1 Розподіл розчиненого кисню (а -  $[\text{мл} \cdot \text{л}^{-1}]$ , б - % насичення) в придонному шарі на північно-західному шельфі Чорного моря

В кінці літнього - початку осіннього періоду при супутніх умовах, на відносному глибоководді (глибини понад 20 м) під сезонним термокліни вже чітко виражений дефіцит кисню.

Далі йдуть данні зняті в літній період (01.05-31.09.2017)

Табл. 6.1 – Середньодобові темп. води, пов., сольоність, напрям вітру за травень 2017р.

Число	Середньодобові, Травень 2017					Макс. Швид. Вітру за добу (м\сек)
	Рівень(см)	Сольоність %	Напрявлення вітру	Температура		
				Води	Повітря	
1	472	12,5	Пн.Пн.Зх.	13,8	17,8	12
2	483	12,2	Пн.Сх.	13,8	19,3	8
3	472	13,2	Пн.Сх.	13,8	20,1	8
4	471	13,2	Сх.Пн.Сх.	14,4	19,4	8
5	466	13,7	Сх.	16,7	18,7	6
6	474	13,2	Сх.	16,5	16,7	7
7	481	12,2	Пд.Сх.	16,9	17,1	8
8	475	12,9	Пд.	15,7	15,3	8
9	467	14,3	Пн.Пн.Зх.	13,8	14,7	10
10	469	14,7	Пн.	12,7	10,9	10
11	479	14,9	Пд.	12,7	11,9	9
12	492	17,5	Пд.Пд.Сх.	8,7	14	10
13	485	16,3	Пд.Пд.Сх.	10,8	14,2	8
14	474	16,6	Пн.	11,1	13,1	10
15	474	15,2	Пн.	13,4	15,3	10
16	477	16,1	0	14,2	17,6	4
17	483	15,6	Пн.Пн.Сх.	15	17,3	10
18	479	15,9	Пн.Пн.Зх.	15,5	15,8	6
19	479	15,9	Сх.	15,7	15,9	8
20	476	15,8	Пд.Сх	14,3	14,4	6
21	480	16	Сх.	15,1	14,5	10
22	484	16	0	15,1	14,6	8
23	482	14,8	Пн.Сх.	15,7	15,9	6
24	482	15,7	Пд.Пд.Сх.	15,5	16,3	6
25	477	15,4	Пд.Пд.Сх.	15,5	15,6	8
26	473	16,1	Сх.	15,9	16,7	5
27	481	16,4	Пн.Сх.	15,8	17,1	9
28	476	16,2	Пн.Пн.Сх.	17	19,5	8
29	476	16,1	Сх.Пд.Сх.	17,5	21,2	8
30	476	15,3	Пд.	17,4	21,2	8
31	427	16,5	Пд.Зх.	16,2	23	6

Табл. 6.2 – Середньодобові темп. води, пов., сольоність, напрям вітру за травень 2017р.

Число	Середньодобові, Червень 2017					Макс. швид. Вітру за добу (м\сек)
	Рівень(см)	Сольоність%	Напрямок руху вітра	Температура		
				Води	Повітря	
1	487	16,4	Пн.Зх.	17,8	24,1	10
2	481	16,4	Пн.	18,2	21,6	6
3	481	15,2	Пн.	18,2	19,4	8
4	481	14,5	Пн.Сх.	19,1	19,5	6
5	483	16,0	Пд.Сх.	18,5	19,8	6
6	483	16,4	Пд.Пд.Сх.	19,7	21,3	10
7	481	16,1	Пд.Сх.	19,4	23,1	7
8	476	16,0	Пд.Пд.Зх.	19,2	23	8
9	484	16,6	Пн.Пн.Сх.	18,4	20,3	8
10	487	16,3	Пн.	19,5	22,6	10
11	477	16,3	Пн.	19,5	21,8	10
12	478	16,2	Пн.Зх.	21	22,9	6
13	480	16,3	Зх.	19,9	24,9	8
14	481	16,2	Пн.Зх.	20,1	20,5	10
15	474	16,2	Пн.Зх.	19,6	19,2	10
16	476	15,4	Пн.Пн.Зх.	19,3	20,1	6
17	485	16,3	Пд.Пд.Зх.	10,2	18,9	8
18	485	17,3	Зх.Пн.Зх.	12,3	17,4	10
19	485	15,6	Пн.Пн.Зх.	15,9	22,5	10
20	482	15,2	Пн.Пн.Зх.	19,4	23,9	10
21	484	14,5	Пн.Зх.	20,1	24	6
22	484	15,0	Пн.Пн.Зх.	20,3	23,3	8
23	481	14,6	Пд.Сх.	21	23	10
24	477	16,5	Пн.Зх.	17,9	21,8	10
25	474	15,8	Сх.Пд.Сх.	18	23,4	5
26	488	17,6	Пд.Пд.Сх.	12,8	24,5	10
27	479	17,3	Пд.Пд.Зх.	14,7	24,8	8
28	483	16,4	Сх.Пн.Сх.	19,5	24,6	6
29	486	16,2	Пд.Сх.	21,1	24,8	7
30	496	15,4	Пд.Пд.Сх.	22,4	25,7	10

Табл. 6.2 – Середньодобові темп. води, пов., сольоність, напрям вітру за липень 2017р.

Число	Середньодобові, Липень 2017					Макс. Швид. Вітру за добу (м\сек)
	Рівень(см)	Сольоність%	Напрямок руху вітру	Температура		
				Води	Повітря	
1	490	15,2	Пд.Пд.Сх.	23,3	27,1	10
2	479	15,1	Пн.Пн.Зх.	23,1	22,7	8
3	480	14,7	Пн.	23,1	23,3	10
4	471	14,4	Пн.	22,2	18,5	14
5	482	14,5	Пн.	22,6	21,4	9
6	472	13,8	Пд.Пд.Сх.	22,4	22,7	6
7	467	15,1	Пн	21,6	20,9	6
8	470	14,9	Пд.Пд.Сх.	21,5	20,6	4
9	483	16,5	Пн.Пн.Сх.	18,4	22,9	9
10	475	15,3	Пд.Пд.Сх.	20,5	22,9	8
11	480	15,5	Пд.	20,8	28,7	6
12	484	15,7	Пд.Пд.Сх.	21,5	23,7	9
13	489	15,3	Пд.	21,2	23,3	10
14	476	15,1	Пн.Пн.Зх.	19,5	20,3	10
15	492	14,5	Сх.	21	20,5	6
16	480	15,8	Пд.Сх.	20,4	21,5	8
17	476	16	Сх.Пн.Сх.	20,9	23,2	6
18	472	15,6	Пн.Пн.Сх.	23,2	23,2	5
19	476	13,2	Пд.Сх.	24,2	25	4
20	480	15	0	24,8	25	4
21	478	14,9	Пд.Пд.Сх.	24,7	26,1	9
22	477	14,7	Пд.Сх.	13,8	27,5	4
23	485	15,3	Пд.Сх	24	26,4	4
24	478	15	Пд.Сх.	23,4	24,7	6
25	486	14,5	Пд.Сх.	24,2	25,1	9
26	479	15	Пд.Сх	23,7	24,4	7
27	482	15	Пд.Сх	24,5	25,6	6
28	488	15,4	Сх	24,5	24,1	10
29	467	15,7	Пн.Пн.Зх.	23,9	23	12
30	465	15,8	Пн.Пн.Зх.	22,6	23,9	10
31	471	16	Пд.Пд.Сх.	22,9	25,1	6

Табл. 6.2 – Середньодобові темп. води, пов., сольоність, напрям вітру за серпень 2017р.

Число	Середньодобові, Серпень 2017					Макс. Швид. Вітру за добу (м\сек)
	Рівень(см)	Сольоність%	Напрямок руху вітру	Температура		
				Води	Повітря	
1	470	15,7	Пн.Сх.	18,1	26,6	4
2	475	15,6	Сх.	24,3	28,2	8
3	469	14,9	Сх.Пн.Сх.	25,2	29,1	7
4	473	14,4	Сх.	26	30,9	6
5	473	14,7	Сх.	26,9	32,5	6
6	473	15	Сх.	27,2	30,7	12
7	476	14,8	Пн.Сх.	27,1	29,9	8
8	467	14,8	Пн.Пн.Зх.	25,8	24,3	9
9	461	15	Пн.Пн.Зх.	25,2	23,5	9
10	474	15,2	Сх.Пн.Сх	25,6	28,5	7
11	468	15,3	Сх.Пн.Сх.	25,8	28,4	7
12	475	15,8	Сн.Сх	25,8	27,4	5
13	483	15,7	Сх.	25,7	27,9	6
14	474	15,9	Пн.Зх.	24,9	23,2	10
15	469	15,7	Пн.	24,3	25,2	11
16	471	15,8	Пн.Сх	24	25,6	6
17	476	15,1	Пн.Сх	24,1	26,9	6
18	483	14,9	Сх.Пн.Сх.	24,8	26,5	8
19	475	14,7	Сх.Пн.Сх	24,9	25,9	8
20	481	14,1	Сх.	24,5	26,3	6
21	481	13,6	Сх.	24,7	25,9	4
22	461	13,9	Пн.Пн.Зх.	22,9	18,5	12
23	460	14,4	Пн.Зх.	22,4	18,5	8
24	469	15,8	Зх.	21,8	19,4	7
25	466	15,3	Пд.Сх.	19,7	21,8	6
26	478	16,5	Пд.Пд.Зх.	19,2	23,2	8
27	472	16,2	Пн.Пн.Сх.	20,2	24,1	5
28	468	16,8	Пн.Сх.	19,5	24,4	10
29	473	16,4	Пн.	19,7	18,8	11
30	469	16,4	Пн.	18,8	17,5	7
31	468	16,5	Пн.Пн.Зх.	19,1	17,8	3

Табл. 6.2 – Середньодобові темп. води, пов., сольоність, напрям вітру за серпень 2017р.

Число	Середньодобові, Вересень 2017					Макс. Швид. Вітру за добу (м\сек)
	Рівень(см)	Сольоність ‰	Напрямок руху вітру	Температура		
				Води	Повітря	
1	464	14,4	Сх	19,3	19,3	8
2	469	16,9	Сх	19,3	21,7	4
3	469	16,2	Пд.Сх.	19,1	23,6	10
4	475	16,7	Пд.	19,7	22,4	8
5	456	16,7	Пн.Зх	20,3	19,7	8
6	465	14,8	Пд.Сх.	20,5	19,5	6
7	461	16,7	Пд.Пд.Зх.	20,5	20,6	8
8	467	16,9	Пн.Сх.	19,7	21,4	4
9	470	16,5	Пд.Сх.	20	21	9
10	477	16,5	Пд.Сх.	20,5	21,8	8
11	475	16,6	Пд.Сх.	21,2	22,5	6
12	471	16,2	Пд.Сх	21,2	22,5	10
13	471	15,6	Пд.Пд.Сх.	21,5	23,6	8
14	473	15	Пд.Сх.	22,2	23,4	6
15	478	15,7	Пд.Пд.Зх.	21,5	21,8	8
16	469	15,6	Сх.Пд.Сх.	21,5	22,2	6
17	475	15,7	Пд.	22,5	23,6	6
18	476	16,1	Пн.Сх.	22,5	23,6	6
19	472	16,1	Пн.Сх.	21,8	22,3	8
20	467	15,7	Сх.Пд.Сх.	21,8	22,4	8
21	475	15,6	Пд.Пд.Сх	22,2	22,3	8
22	462	16	Зх.	21,6	16,3	6
23	465	15,6	Сх.	21,4	16,4	8
24	482	15,8	Сх.	21	17,2	8
25	471	14,7	Пн.Сх.	21	18,9	8
26	437	15,7	Сх.Пн.Сх.	20,1	17,9	12
27	476	15,6	Сх.Пн.Сх.	19,1	15,4	12
28	485	15,2	Сх.	18,2	13,5	12
29	486	15,1	Сх.Пд.Сх.	17,6	13,3	10
30	475	15,1	Пн.Сх.	16,6	12,7	10



Однак, за даними спостережень можна визначити розвиток процесу дефіциту кисню, у міру розвитку (заглиблення) термокліна в прибережному шарі починаючи з кінця травня місяця. Цьому сприяють дані спостережень за зганняючи вітром і реакцією морського середовища, що проявляється в різких коливаннях температури і солоності на поверхні моря. Так, за терміни спостережень в 2017р. явних піків зниженої температури і підвищеної солоності було 8 (рис. 6.2)[14]. Під час апвеллінга, протягом теплої пори року зазначалося наявність сірководню в прибережній зоні моря. Таким чином, встановлений процес розвитку деструкції органічної речовини в придонному шарі впродовж всього літнього періоду. Цей важливий факт, свідчить про триваюче процесі евтрофікації чорноморських вод і, як наслідок, скорочення розчиненого кисню в придонному шарі і формуванні тут сірководню в теплий період року.

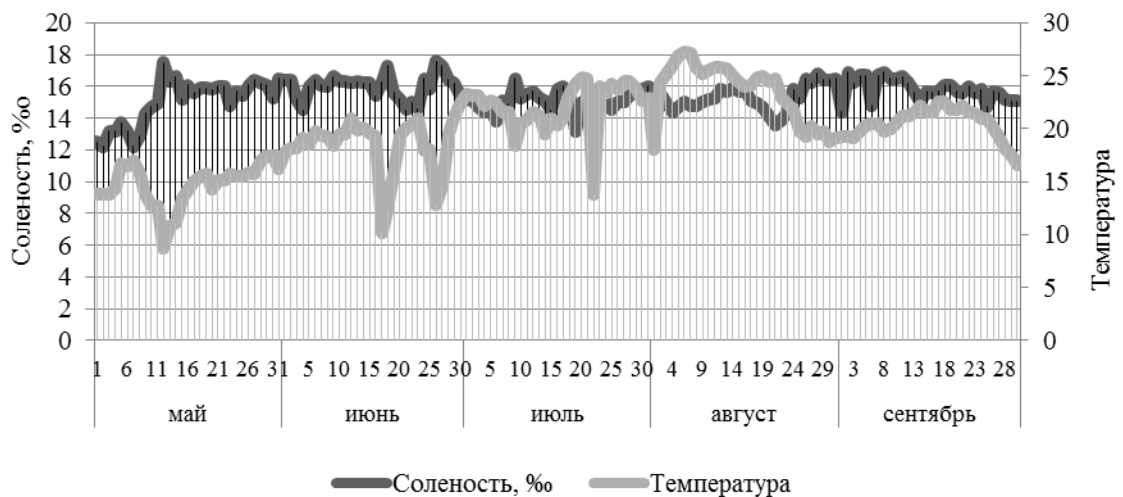


Рис. 6.2 Середньодобові значення температури і солоності на поверхні моря (С - травень - вересень 2017).

Якщо на початку теплої пори року процеси деструкції на мілководді біля дна досить нетривалі, то на глибинах понад 20 м ці процеси стійкі в часі і призводять до масштабної загибелі бентосу по всій області розвитку процесу гіпоксії. На прибережному мілководді, на початку теплої пори року, на глибинах від 10 до 15 м, відбувається тимчасове розвиток термокліна, який лімітує вертикальний водообмін і, відповідно, надходження кисню в нижні шари. У міру розвитку термокліна, який нижній своїм кордоном слід рельєфу дна, прибережне мілководдя починає знову аерувати після зсуву термокліна на великі глибини і встановлення на мілководді гомотермія. За цей короткий період, до 2-х тижнів, бентосної співтовариство організмів, як правило виживає, а на відносному глибоководді, понад 20 - 25

м, де гіпоксія формується на досить тривалий період, до 3 - місяців, з серпня по листопад, загибель його неминуча.[15]

Зазначені вище коливання температури і солоності в поверхневому шарі води біля узбережжя обумовлені горизонтальною адвекцією або переміщенням холодної, з підвищеною солоністю водної масою придонного шару і, як зазначено, зі зниженим вмістом кисню і наявністю сірководню. При цьому відбувається негативний вплив на донні біоценози, але, як видно з рис.5, тривалість цього впливу невелика, від 2 - 3 доби до тижня, після чого починається інтенсивний прогрів морської води і вирівнювання значень характеристик. Набагато серйозніше негативний ефект проявляється при зганяннях в серпні - вересні, коли інтенсивність інсоляції скорочується і ймовірність прогріву нижніх шарів і вирівнювання значень характеристик зменшується (рис. 6.2).

Слід зазначити, що статистичні характеристики розглянутих років досить різняться за середнім значенням. Важливо відзначити, що гідрологічні фактори відносяться до необхідною, але недостатньою при формуванні придонному гіпоксії і сірководню, домінуючим фактором залишається процес антропогенного евтрофування і деструкції органічної речовини. Однак, в просторово локальному масштабі, в прибережній зоні, практично повністю рекреаційної, структура і перебудова гідрофізичних полів надає вирішальне значення на тривалість і поширення негативного впливу дефіциту і кисню і сірководню на бентосні організми.[16]

## ВИСНОВКИ

1. За даними прямих спостережень встановлено триваюче антропогенне евтрофірування, формування дефіциту кисню і сірководню в придонному шарі моря на українській частині шельфу Чорного моря. Просторові масштаби деструктивних ділянок порівнянні з розмірами площ придонної гіпоксії 70-х років минулого століття.
2. За останні 50 років в річкових водах Дунаю, Дніпра і Дністра різко збільшилася кількість біогенних речовин, важких металів і нафтопродуктів, що сприяло їх накопичення в морській екосистемі. За рахунок надлишку надходження біогенних речовин, в морі, в весінь-літній період розвивалося антропогенне евтрофірування, а в літній - осінній період, в придонному шарі формувалася дефіцит кисню - гіпоксія. В останні роки скорочення стоку біогенних речовин з площі водозбору річок забезпечило збільшення прозорості вод в результаті зменшення зважених речовин органічного і мінерального походження в воді.
3. Однак, відсутність моніторингу морського середовища не давало можливість дати повну оцінку сучасного стану водної екосистеми. У вересні 2017р. проведена зйомка північній частині шельфу Чорного моря. Результатами досліджень було встановлено розвиток гіпоксії в придонному шарі. Значення розчиненого кисню на відносному глибоководді шельфу (глибині більше 20 м) були нижче  $2,0 \text{ мл} \cdot \text{л}^{-1}$ . Цей процес обумовлений високим рівнем евтрофікації у весняно - літній період 2017р., Що підтверджується даними супутникових спостережень NASA і результатами спостережень за апвелінгу водних мас в прибережній частині моря в теплий період 2017р.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдіна З. М. Методи дослідження якості води водойм. М., Медицина, 1990, 258 с.
2. Толмазін Д.М., Острогіно А.С., Кудрянь Ф.П., Балашов А.І., Буланов З.Т. Аналіз гідрологічних і гідрохімічних чинників формування гіпоксії в межиріччі Дунай - Дністер // Біологія моря. 1977. Вип. 43. С. 7-11.
3. Толмазін Д.М. Гідролого-гідрохімічна структура вод в районах гіпоксії і заморів в північно-західній частині Чорного моря // Біологія моря. 1977. Вип. 43. С. 12-17.
4. Берлінський Н. А. Механізм формування придонному гіпоксії в шельфових екосистемах / Н.А. Берлінський // Водні ресурси. Москва, 1989. №4. С. 112-121.
5. Берлінський Н.А. Динаміка техногенного впливу на природні комплекси гирлової області Дунаю [монографія] Одеса: Астропринт, 2012. 252 с.
6. Берлінський Н.А. Актуальні проблеми української ділянки Чорного моря / Вісник ОНУ. Сер. : Географічні та геологічні науки. 2016. Т. 21, вип. 2. С. 11-23.
7. Берлінський Н.А. Гирлові області як особливий географічний об'єкт. Вісник ОНУ. Сер. : Географічні та геологічні науки. 2015. Т. 20, вип. 1. С. 41-55.
8. Berlinskyi N, Safranov T. Spatial and temporal variability of pollutants in the bottom sediments in the northwestern part of the Black Sea. Environmental problems. 2016. V.1, N 1. С. 69-73.
9. Берлінській М.А. Екологічні аспекти гідрології Північно-західній частині Чорного моря // «Стан та якість природного середовища прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я» за ред. Т.А. Сафранова, А.В. Чугай. Чугуєв: Панов А.М. 2017. 300с.
10. Берлинский Н. А. Механизм формирования придонной гипоксии в шельфовых экосистемах / Н. А. Берлинский // Водные ресурсы. – Москва, 1989. – №4. – С. 112–121.
11. Зайцев Ю. П. Северо-западная часть Черного моря, как объект современных гидробиологических исследований / Ю. П. Зайцев // Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 3–6.
12. Толмазин Д. М. Анализ гидрологических и гидрохимических факторов формирования гипоксии в междуречье Дунай – Днестр / Д. М. Толмазин, А.

- С. Острогин, А. П. Кудрянь, А. И. Балашов, З. Т. Буланая // Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 7–11.
13. Толмазин Д. М. Гидролого-гидрохимическая структура вод в районах гипоксии и заморов в северо-западной части Черного моря // Биология моря. – 1977. – Вып. 43. – С. 12–17.
14. Гаркавая Г. П. Биогенное вещество и кислород в придунайских водах Черного моря / Г. П. Гаркавая, З. Т. Буланая, Ю. И. Богатова // XX международная конференция по изучению Дуная: материалы. – Киев : Наукова думка, 1982. – С. 81–84.
15. Гаркавая Г. П. Современные источники эвтрофирования северо-западной части Черного моря. / Г. П. Гаркавая, Ю. И. Богатова // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. – Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2001. – № 3(14) – С. 188–189.
16. Берлинский Н. А. Придонная гипоксия на северных шельфах Черного и Каспийского морей как фактор эвтрофирования / Н. А. Берлинский, А. Н. Косарев, А. В. Кураев, Ю. И. Богатова // «4-я конф. Динамика и термика водохранилищ и прибрежной зоны морей»: тез. докл. – Москва, 2004. – С. 196–199.