

УДК 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5, 504.4.054.001.5; 504.4.06.001.5,
504.45.058; 504.4.054; 504.064

КП 87.19.03

№ держреєстрації 0122U201787

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ” (УКРНЦЕМ)

65009, м. Одеса, Французький бульвар, 89. тел. (094) 9468721

e-mail: accem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Виконуючий обов'язки директора
УкрНЦЕМ, заступник директора з
науки, канд. геогр. наук, старш. наук.
співроб.



Віктор КОМОРИН
_____ 2025 року

ЗВІТ

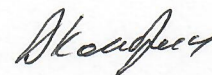
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної
морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки доброго екологічного
стану морських регіонів у 2024 р.

ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ СТАНУ МОРСЬКИХ ВОД ЗА ГІДРОФІЗИЧНИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ, ВИЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ДЕС,
УТОЧНЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ДЕС

Том 2

Науковий керівник НДР
Виконуючий обов'язки директора УкрНЦЕМ,
заступник директора з науки,
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

 В.М. Коморін

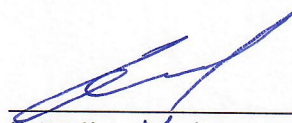
2024

Рукопис закінчено 26 грудня 2024 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол № 9 від 27 грудня 2024

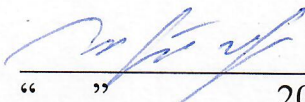
СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний виконавець:
Начальник відділу фізичної
океанографії та
математичного моделювання
(ВФО та ММ)


“27” X 11 2024

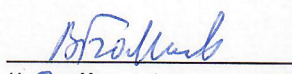
Ю.М. Диханов
(вступ, розділи
1,2.5,4,5.1 висновки)

Наук. співроб. ВФО та ММ,
канд. геогр. наук


“ ” 2024

Ю.І. Попов
(графіка, розділи 2.1,5,
5.2)

Наук. співроб. ВФО та ММ
канд. геогр. наук


“27” 12 2024

В.М. Большаков
(графіка, розділи 2,3, 4)

Технічні виконавці: А.Є. Домрачов, А.С. Тітяпкин, Г.Г. Золотарьов

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 79 с., 6 табл., 43 рис., 23 джерел, 1 додаток.

ЧОРНЕ МОРЕ, ТЕРМОХАЛИННА СТРУКТУРА, ОДЕСЬКА ЗАТОКА,
БУЇ ARGON.

Об'єкт дослідження – морські води Чорного моря.

Мета НДР – дослідження сучасного стану та просторово-часової мінливості гідрологічних і гідрофізичних параметрів морської води Чорного моря і їх вплив на екологічний стан морського середовища

Методи дослідження – В НДР використовувався порівняльний аналіз та традиційні методи аналітичного узагальнення даних і статистичного аналізу. В умови військового положення основними джерелами інформації про стан морського середовища Чорного моря є супутникові дані, дані Служби моніторингу морського середовища «Копернікус», 16-ти буїв-профілемерів програми «Argo», які працювали в 2024 році у акваторії Чорного моря. Використовувались дані натурних спостережень, інформація Державної гідрометеорологічної служби України та літературних джерел.

Результати дослідження. В результаті аналізу отриманої інформації в НДР показано, що у 2024 році у Одеській затоці було зафіксовано рекордно високі середньорічні значення температури води та повітря за всю історію спостережень. Середньорічне значення солоності морської води в Одеській затоці було на 2.0 опс менше середньої багаторічної величини. Різке зниження солоності на тлі підвищення температури води цілком може вплинути на зміну біорізноманіття водного середовища Одеської затоки.

У центральній, частині моря збереглися тенденції зростання температури поверхневого шару морської води. Внаслідок теплих зим 2023 та 2024 років у сезоні літо-осінь 2024 року зник унікальний проміжний холодний шар. Якщо така тенденція буде продовжуватися, то це ставить під загрозу існування спільноти червоних водоростей бореального походження.

У 2024 році глибина залягання нижньої межі аеробної зони, опади, річковий стік і вітрові умови в аналізованих районах знаходилися в межах кліматичних норм.

ЗМІСТ

	С.
Перелік умовних позначень і скорочень	6
Вступ	8
1 Матеріали та методи дослідження.....	10
2 Багаторічна мінливість гідрометеорологічних умов в північній частині північно-західної частини Чорного моря по даним ГМС «Одеса-порт».....	13
2.1 Вітровий режим приземної атмосфери.....	14
2.2 Температура повітря	19
2.3 Температура морської води.....	26
2.4 Солоність морської води.....	29
2.5 Атмосферні опади.....	32
3 Мінливість стоку Дунаю у 2024 році на тлі кліматичних змін у ХХІ столітті.....	34
4 Мінливість океанографічних полів верхнього шару Чорного моря за даними супутникової інформації 2003-2023.....	37
5 Гідрологічна структура глибоководної частини Чорного моря за даними буїв Argo	58
5.1 Нижня межа кисневої зони в Чорному морі за даними буя Арго № 3902005 за період 21.10.21 по 21.09.24	63
5.2 Стан вод холодного проміжного шару Чорного моря за даними буїв «Argo» у період 2005-2024 рр.	65
Висновки.....	72
Перелік джерел посилань.....	74
Публікації.....	77
Додаток А.....	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ВФО та ММ	– відділ фізичної океанографії та математичного моделювання
ГМС	– гідрометеорологічна станція
ГМБ	– гідрометеорологічне бюро
ГМЦ ЧАМ	– Гідрометцентр Чорного та Азовського морів
ДБ	– Дніпро-Бузький лиман
ДЕС	– добрий екологічний стану
ЗПдЗ	– захід-південь-захід
ОЗ	– Одеська затока
ОПС	– одиниці практичної солоності
ОЧТ	– основна чорноморська течія
НДР	– науково-дослідна робота
Пд	– південь
ПдЗ	– південний–захід
ПдС	– південний–схід
ПдПдС	– південно–південний–схід
Пн	– північ
ПнЗ	– північний–захід
ПнЗШ	– північно–західний шельф
ПнЗЧМ	– північно–західна частина Чорного моря
ПнС	– північний–схід
ПнПнС	– північно–північний–схід
СГМ	– сектор гідрометеорології моря
СММСК	– Служби моніторингу морського середовища «Коперникус»
США	– Сполучені Штати Америки
Tw	– температура води

Ta	– температура повітря
ТПМ	– температура поверхні моря
УкрНЦЕМ	– Український науковий центр екології моря
ХПШ	– холодний проміжний шар
ШВ	– шельфові води
ЧМ	– Чорне море
ЄС	– Європейський Союз
С°	– градуси Цельсія
Chl- <i>a</i>	– Хлорофіл-а
CW	– Coastal Waters
ESA	– Європейське космічне агентство (European Space Agency)
IFREMER	– Французький національний інститут науки і техніки океану (French national institute for ocean science and technology)
NASA	– Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (National Aeronautics and Space Administration)
NOAA	– Національне управління океанічних та атмосферних досліджень (National Oceanic and Atmospheric Administration)
OW	– Open Waters
ShW	– Shelf Waters
TW	– Transit Waters

ВСТУП

Одним з основних напрямків діяльності державної політики України в сфері охорони навколишнього природного середовища є поліпшення екологічного моніторингу за станом довкілля, в тому числі і охорони природних ресурсів територіальних морських вод.

НДР «Оцінка та діагноз стану морських вод за гідрофізичними характеристиками, визначення відповідності доброго екологічного стану (ДЕС), уточнення критеріїв оцінки ДЕС виконувалась в рамках напрямку «Оцінка та діагноз стану морського середовища України в межах виключної морської економічної зони та уточнення критеріїв оцінки ДЕС морських регіонів» згідно «Програми державного моніторингу вод (в частині діагностичного моніторингу прибережних та морських вод Чорного та Азовського морів)» затвердженої Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 2 від 05 січня 2022 року і «Морської природоохоронної стратегії України до 2034 р.» схваленої Кабінетом Міністрів України від 11 жовтня 2021 р. № 1240-р та міжнародних зобов'язань України щодо захисту Чорного моря від забруднення відповідно до «Стратегічного Плану Дій до відновлювання і охорони Чорного моря».

У рішеннях Європейського Союзу (ЄС) екологічний моніторинг прибережних і морських вод потрапляє під дію двох базових законодавчих документів: Водної рамкової директиви (2000/60/ЄС) і рамкової директиви з морської стратегії (2008/56/ЄС) уточненої директивою 2017/848 від 17 травня 2017 р.

Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року затверджено порядок здійснення державного моніторингу вод відповідно Водного кодексу України.

Ці директиви і постанови є законодавчі акти, які прийняті з однією метою – досягнення ДЕС водного середовища.

У переліку дескрипторів, контрольованих екологічним моніторингом, дескриптор, відповідальний за моніторинг гідрологічних умов, значиться під номером D7 і до досягнення ДЕС обумовлює, що постійні зміни гідрографічних умов не викликають негативного впливу на морські екосистеми.

У Рішенні Комісії 2017/848/ЄС за методологічними стандартами про добрий екологічний статус морських водних масивів були визначені наступні вторинні критерії:

D7C1 – Вторинний: Просторова довжина та поширення постійних змін гідрографічних умов (наприклад, зміни хвильового впливу, течій, солоності, температури) на морське дно та товщу води, пов'язаних, зокрема, з фізичною втратою природного морського дна;

D7C2 – Вторинний: Територіальна протяжність кожного типу бентосного довкілля зазнала несприятливого впливу (фізичні та гідрографічні характеристики та пов'язані з ними біологічні спільноти) через постійну зміну гідрографічних умов (eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/).

Головне завдання в цьому напрямку є встановлення порогових значень для несприятливих наслідків постійних гідрографічних змін умов на рівні регіонального чи субрегіонального рівнів.

Результати оцінки критерію D7C1 (розподіл та оцінка ступеня гідрографічних змін) повинні використовуватись для оцінки критерію D7C2.

Оцінка і визначення цих змін може бути дуже важливою при забезпеченні раннього попередження можливих впливів на екосистему та можливості її захисту, зокрема, бентосних екосистем.

Наукова дослідна робота є продовженням багатолітніх досліджень Українського наукового центру екології моря гідрологічної та гідродинамічної структури морських вод України.

Результати досліджень будуть використані при складанні Національної доповіді про стан довкілля України, міжнародних і державних програм екологічного моніторингу, у звітах для міської адміністрації.

1 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В умови військового положення основним джерелом інформації про стан морського середовища Чорного моря (ЧМ) є супутникові дані.

У звіті використовувалися дані, отримані в результаті асиміляції інформації космічного дистанційного зондування, в тому числі: аномалій поверхні рівня моря, що забезпечуються в режимі реального часу AVISO, скановані зображення розподілу температури води в поверхневому шарі моря, добові модельні картини динаміки вод при поверхневого шару довгохвильового випромінювання і розподілу хлорофілу-*a* (Chl-*a*) отриманих з сканерів штучних супутників NASA, NOAA (США) та європейським космічним агентством ESA (ENVISAT). Всього прийнято та проаналізовано понад 500 супутникових зображень, частину з яких збережено в базі океанографічних даних відділу фізичної океанографії та математичного моделювання.

Крім того, виконувалась первинна обробка цифрової супутникової інформації про стан і мінливість температури води та солоності у поверхневому шарі Чорного моря, використовувалась інформаційна база супутників Terra (рис. 1.1) и Aqua з сайту <http://www.bsmfc.net/MyOcean> по чотирьох хвилинним квадратам з тижневою частотою. Сітка розрахункових точок зображена на рисунку 1.2.

У звіті також використовується інформація з усіх 16-ти буїв-профілемерів програми «Argo», які працювали в 2024 році у акваторії Чорного моря. Інформація з буїв надходила як в графічному, так і в цифровому вигляді з веб-сайту за посиланням: <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard> також використовувались матеріали з архіву IFREMER (URL: <ftp://ftp.ifremer.fr/>). В НДР були використані дані програми Європейського Союзу щодо спостереження за Землею «Служби моніторингу морського середовища Копернікус» (СММСК).



Рисунок 1.1– Супутник Terra

Автор: NASA JPL - <http://terra.nasa.gov/>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2450470>

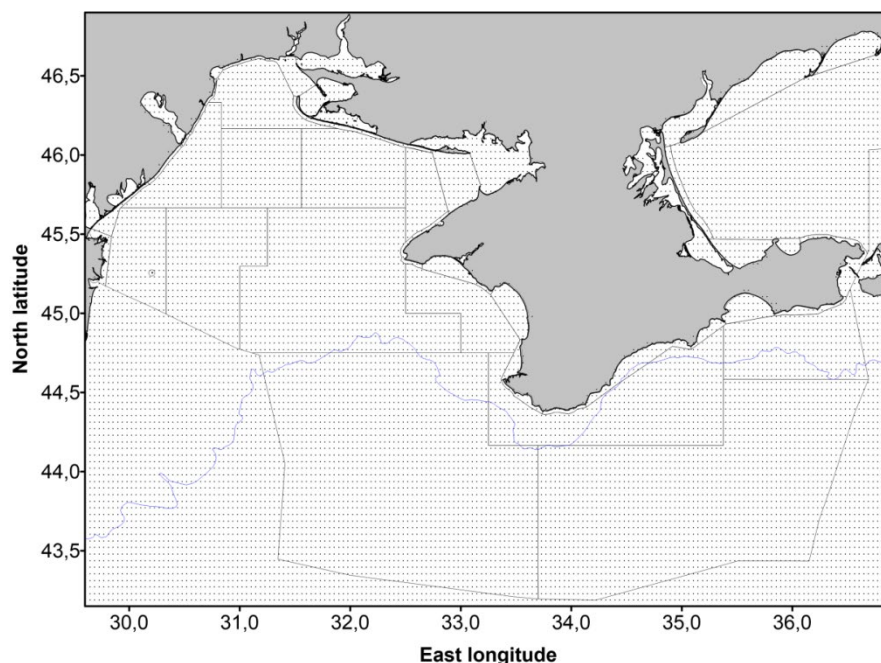


Рисунок 1.2 – Розрахункова сітка спостережень супутників Terra та Aqua

<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>

За допомогою СММСК використовувалися дані операційної системи аналізу та прогнозування океану MERCATOR, з наведеного нижче веб-сайту за наступним посиланням:

https://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&task=results

Операційна система аналізу та прогнозування океану MERCATOR забезпечує щоденне оновлення тривимірних прогнозів стану глобального океану.

Характеристики стану глобального океану надаються в вихідних файлах які включають середні щоденні та щомісячні значення температури, солоності, течій, рівня моря, глибини змішаного шару та параметрів льоду. Вихідні файли відображаються з горизонтальною роздільною здатністю $1/12^\circ$ з регулярною рівнопрямокутною проекцією довготи/широти, на 50-ти рівнях по глибині від 0 м до 5500 м.

Супутникові знімки високої якості СММСК отримані з веб-сайту за посиланням: <https://scihub.copernicus.eu/>.

Необхідні метеоспостереження вибирались з архівів сайтів <https://www.ventusky.com/>; <https://www.wetterzentrale.de/>. Також в звіті використані дані спостережень ГМС «Одеса-порт», Метеостанції Одеса, Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії м. Ізмаїла, Сектора гідрометеорології моря (СГМ) порту Південний та Гідрометеорологічного бюро (ГМБ) м. Чорноморська.

У звіті використовувався великий архівний матеріал, інформація з літературних джерел, також результати та висновки, зроблені авторами у попередніх роботах з заданої тематики.

Для обробки отриманих даних застосовувалися оригінальні програми, розроблені в УкрНЦЕМ [1], програмний пакет «Ехсел», традиційні методи графічного, порівняльного та статистичного аналізу.

Тенденції мінливості океанографічних полів поверхневого шару води для всієї акваторії Чорного моря розраховувалися за супутниковими даними за період 2003-2023 рр.

Результати океанографічного аналізу у вигляді тексту, таблиць, графіків і карт, представлені у звіті згідно ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

2 БАГАТОРІЧНА МІНЛИВІСТЬ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ ПО ДАНИМ ГМС «ОДЕСА-ПОРТ»

В основу аналізу мінливості метеорологічних і гідрологічних параметрів лягли багаторічні (понад 100 років) дані спостережень ГМС «Одеса-порт». Також, при необхідності, використовувалися результати спостережень Метеостанції Одеса.

ГМС «Одеса-порт» розташована в Одеській затоці (ОЗ) на території порту в південно-східній його частині біля основи карантинного молу (рис. 2.1). Глибина в районі станції близько 6 м.



Рисунок 2.1– Розташування станції ГМС «Одеса-порт»

Одеська затока знаходиться в північно-західній частині Чорного моря, має підковоподібну форму і розташована між двома мисами – мисом Ланжерон і мисом Північний [2].

ОЗ заглиблена в сушу на відстань до 5 км, ширина затоки 9 км, довжина берегової лінії близько 15,5 км, площа 38 кв. км, середня глибина 9 м. Середньомісячні температури поверхні води протягом року за останні

десятиліття коливаються від 2°C взимку до 22°C влітку. Максимальні температури поверхні води можуть досягати 30°C.

Склад води ОЗ залежить від процесів перемішування малосолоних вод Дніпро-Бузького та Дністровського лиманів з більш солоними водами відкритої частини моря. Солоність вод ОЗ коливається від 4 опс. до 19 опс. Середня солоність 12-15 опс.

ОЗ мілководна, тому гідрофізичні процеси багато в чому визначаються вітровим режимом. Середня швидкість течій становить 5-6 см/с.

Розмах коливань рівня при згінно-нагінних штормових вітрах може досягати 3 м. Приливно-відливні коливання рівня не значні і не перевищують 15 см. Так само, при згінних вітрах в теплу пору року температура води прибережної зони може знизитись на 10-12°C через підйом на поверхню холодних глибинних вод (апвелінг).

Хвильовий режим обумовлений мілководністю затоки і атмосферними процесами, насамперед вітровим умовами. Переважаючі висоти хвиль в ОЗ— до 1,0 м (90%). Максимальні висоти хвиль на зовнішньому кордоні затоки можуть досягати 6 м.

2.1 Вітровий режим приземної атмосфери

В цілому генеральне перенесення в приземній атмосфері у 2022- 2024 роках збереглося в кліматичних межах (рис.2.2).

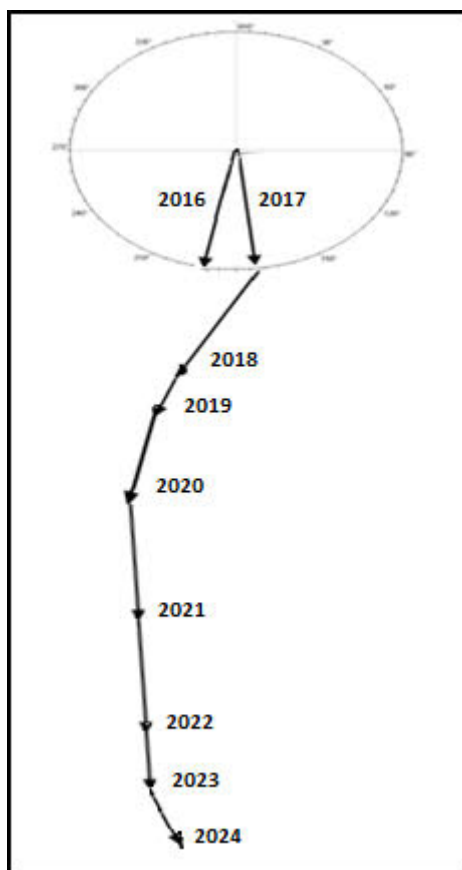


Рисунок 2.2 – Середньорічна прогресивно-векторна діаграма перенесення повітряних мас за даними ГМС «Одеса-порт» 2016-2024 рр.

Максимальні за рік швидкості вітру за період з 2022 по 2024 роки за даними ГМС «Одеса-порт» становили, відповідно: 16 м/с – 18.01.2022 р., 18 м/с – 18.11.2023 р., 15 м/с з поривами до 26 м/с – 26.11.2023 та 17 м/с – 26.03.2024 р. з поривами до 22 м/с. (рис.2.3).

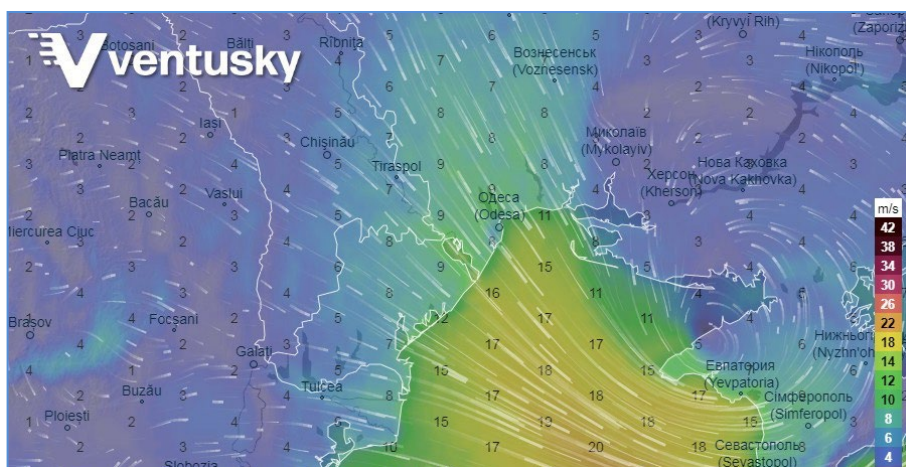


Рисунок 2.3–Карта приземного вітру 26.03.2024 05:00

<https://www.ventusky.com/>

Графіки прогресивно-векторних діаграм вітрових потоків порту Одеса (рис.2.4) показують, що середні векторні швидкості вітрових потоків в 2022, 2023 та 2024 роках, відповідно, становили величини – 1.1, 0.5 та 0.7 м·с⁻¹, а середні напрямки - 349, 353 та 326°. Середні арифметичні швидкості вітру за трьох літній період склали 4.2, 3.8 та 3.7 м·с⁻¹.

Повторюваність вітрів по градаціях напрямків і швидкостей (в кількісному співвідношенні) в порту Одеса за період з 01.01 по 30.11.2024 р. приведена в таблиці 2.1. Проведено виділення екстремальної повторюваності по кожному напрямку. Екстремальними за кількістю повторюваності випадків є вітри від західного до північно-західного напрямків. Другим за рівнем переважної повторюваності вітру був Пд-С напрямок.

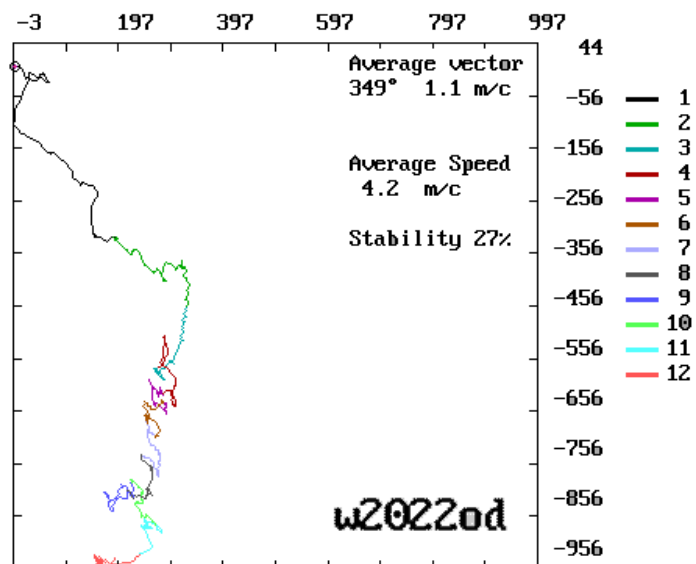
Таблиця 2.1 – Повторюваність вітру по градаціях швидкості і напрямку вітру в порту Одеса, з 01.01.2024 по 30.11.2024

Напрямок румби\ Градації швидкості	Пд.	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Повторю- ваність (кількість)
від 0 до 2	22	71	116	43	18	8	13	13	250
від 2 до 4	45	35	73	115	39	44	22	99	472
від 4 до 6	42	23	19	72	31	38	28	81	334
від 6 до 8	16	3	9	64	15	14	12	21	154
від 8 до 10	1	3	2	29	17	10	4	6	72
від 10 до 12	2	3	2	19	14	3	4	2	49
від 12 до 14	0	0	0	1	4	1	0	0	6
від 14 до 16	0	0	0	1	0	0	0	0	1
від 16 до 18	0	0	0	1	0	0	0	0	1
від 18 до 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сума	128	84	221	345	138	118	83	222	1339

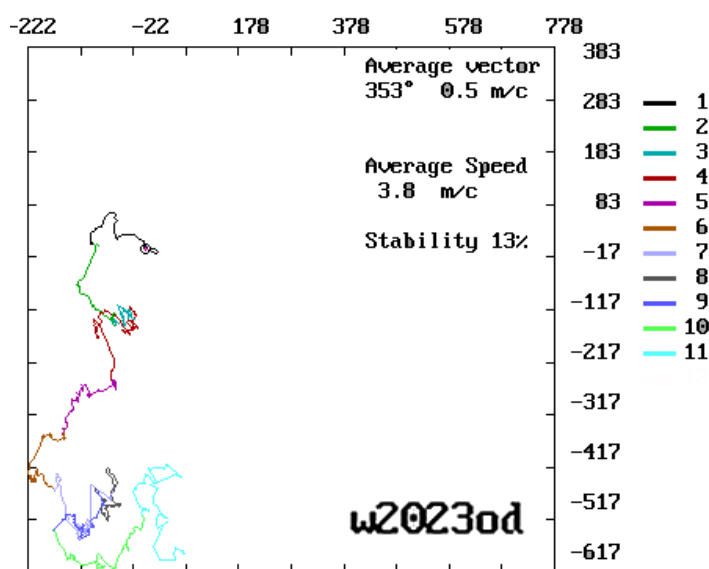
Основні характеристики вітру у 2024 році:

- Середній вектор вітру 145,9°, 0.7 м/с;
- Середньо арифметична швидкість 4,7 м/с;
- Максимальна швидкість за рік 17,0 м/с;
- Дисперсія швидкості 6.6;
- Середньо квадратичне відхилення 2.6.

Прогресивні векторні діаграми вітру за даними вимірів на ГМС Одеса-Порт та рози вітрів за 2022-2024 рр., представлені на рисунках 2.4 та 2.5 відповідно і дають ще одне графічне уявлення про переважаючі вітрові потоки поточного року в північних районах ПнЗШ.

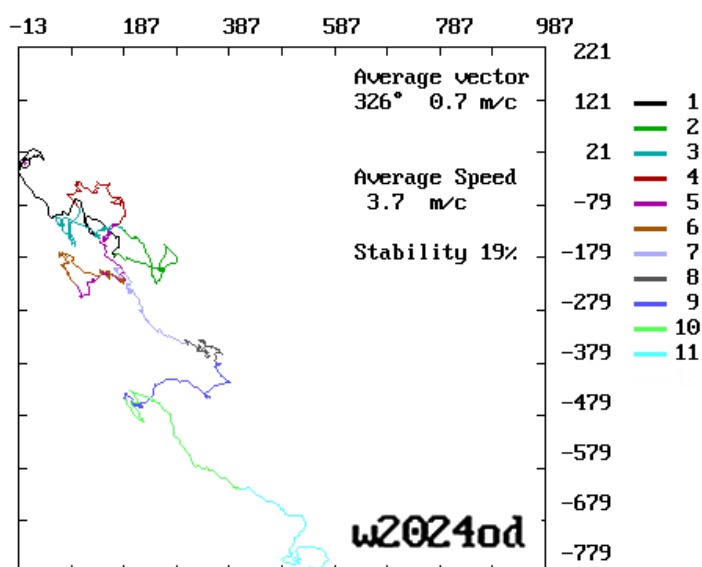


а) 2022 рік



б) 2023 рік

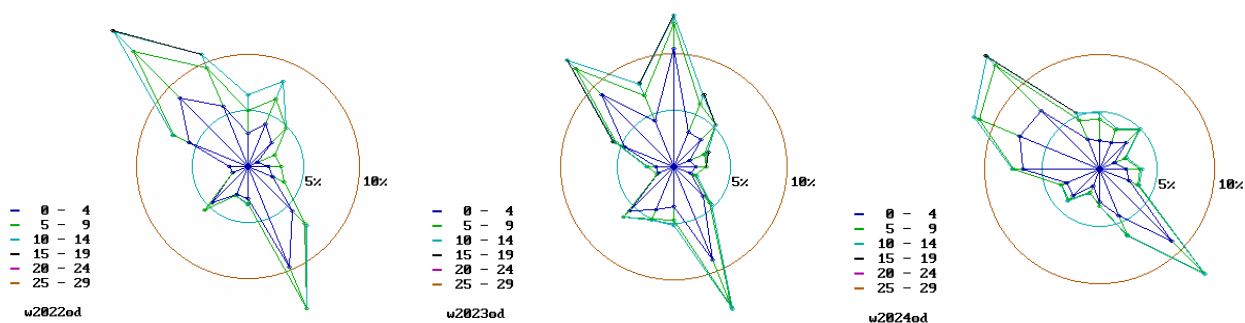
Рисунок 2.4 – Прогресивні векторні діаграми вітру



в) 2024 рік

Рисунок 2.4, аркуш 2

У районі північного узбережжя Північно-західного шельфу ПнЗШ (порти Одеса та Чорноморськ) областю найбільшої повторюваності вітрів є З-Пн-З і Пн-Зх напрямків. Далі, за величиною повторюваності, є вузький сектор протилежного Пд-Сх напрямку. Вітрів північних румбів, як, наприклад, у 2023 році, відмічалось дуже мало.



а) 2022 рік

б) 2023 рік

в) 2024 рік

Рисунок 2.5 – Рози вітрів за даними МГС «Одеса-порт»

Зазначимо, що роза вітрів 2022 року ідентична розам вітрів попередніх трьох років, де у північному напрямку виділявся один основний потік [3].

У 2023 році у повторюваності напрямків вітрів північних румбів виявилось два основних напрямки Пн і ПнЗ. Для 2024 року характерною

ознакою є те, що генеральний вектор перенесення зайняв крайній Північно-Західний напрямок, який не спостерігався раніше.

Таким чином вітрові умови відповідали рівню середніх значень останніх років; переважали вітри З-Пн-З, Пн-З і протилежних Пд-С напрямків. Середні арифметичні швидкості вітру були відносно низькими, як і у попередні роки.

2.2 Температура повітря

Збереглися багаторічні тенденції зростання середньорічних температур повітря. За даними ГМС «Одеса-порт» з 1894 року середньорічна температура повітря в Одесі збільшилася щонайменше на $2,5^{\circ}\text{C}$. Реальне ж збільшення температури повітря почало виявлятися з середини 80-х років минулого століття, це добре видно на рисунку 2.6.

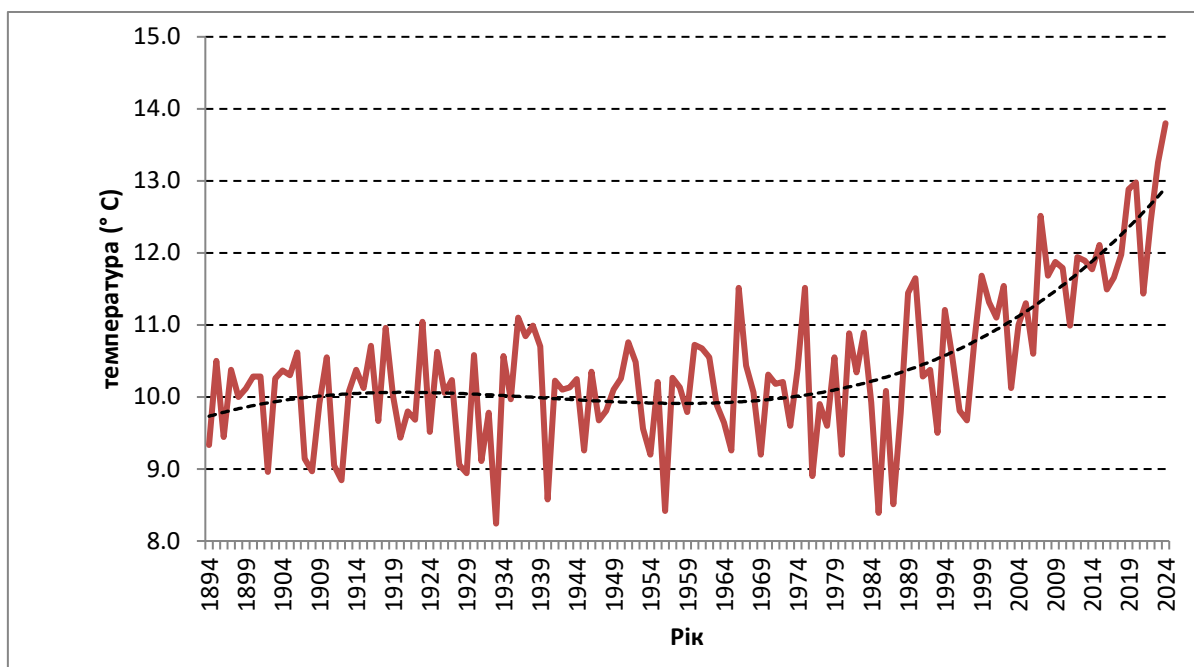


Рисунок 2.6 –Мінливість середньорічних температур повітря

Середньорічні температури повітря з початку третього тисячоліття,

представлені на рисунку 2.7, ілюструють безсумнівне і швидке у кліматичному сенсі його потепління.

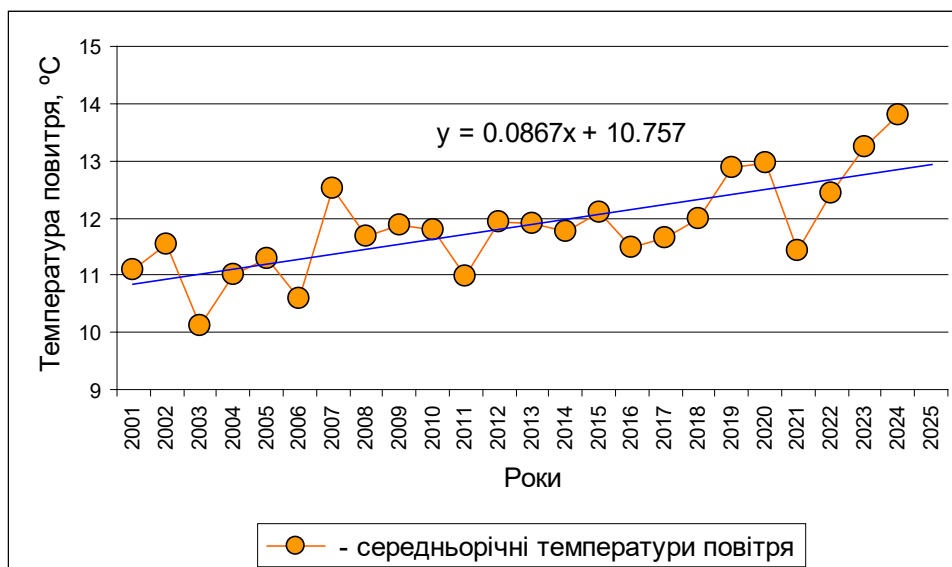


Рисунок 2.7 – Середньорічні температури повітря в Одесі у XXI столітті

Формула зображеного на рисунку лінійного тренду змін температури повітря дає оцінки величини зростання за 24 роки на 2°C и середньої швидкості зростання близько 0,09°C на рік.

Для більш детального аналізу розглянемо середні характеристики термічного атмосферного режиму 2024 року в північно-західній частини Чорного моря розглянемо на підставі нижче приведених інтегральних показників температури повітря теплого і холодного півріччя (рис. 2.8). Оцінка інтегральної зимової температури повітря представляє собою суму температур всього холодного півріччя нижче значення + 5°C, а аналогічна річна оцінка теплого півріччя означає суму температур вище величини + 10°C.

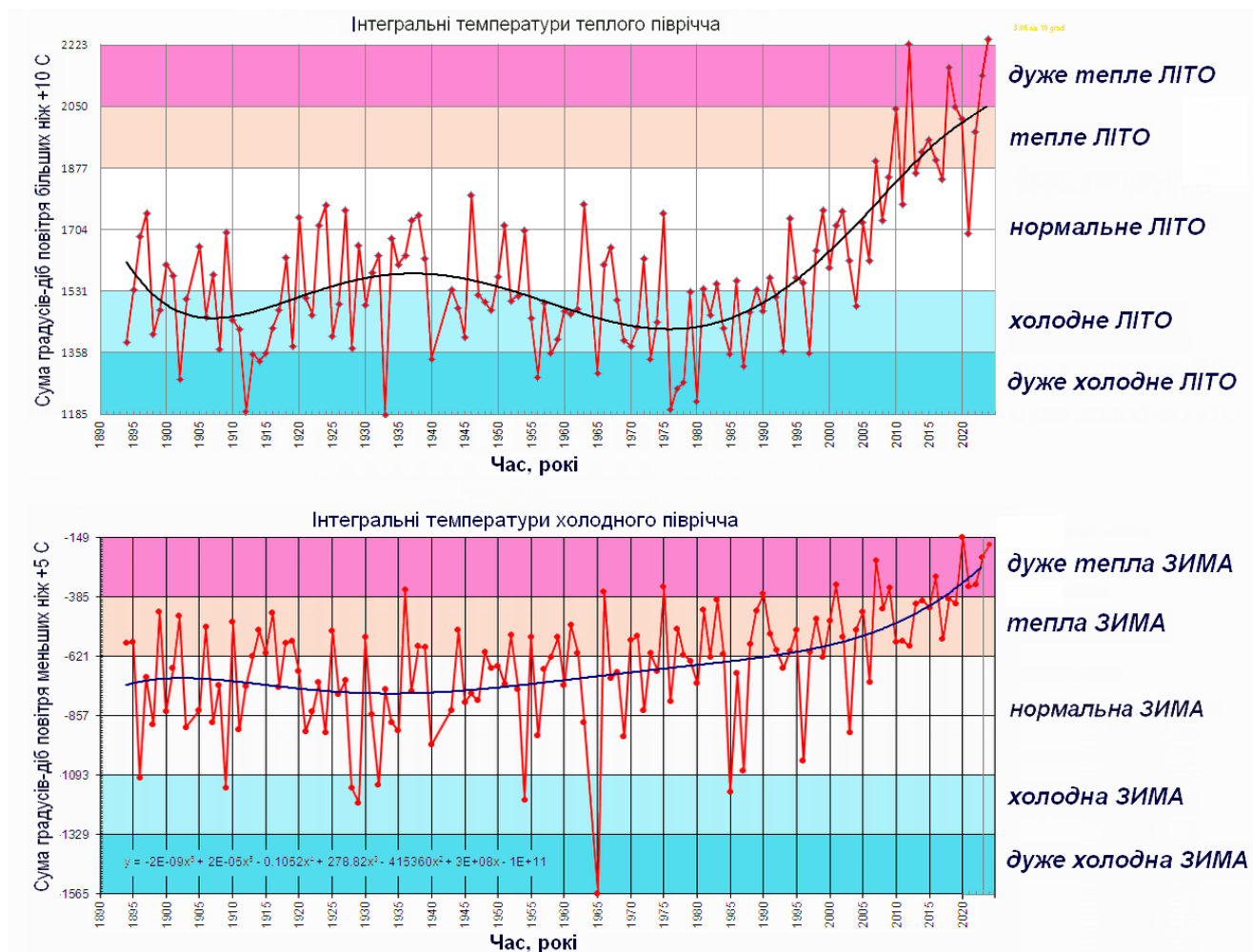


Рисунок 2.8 – Тимчасовий хід інтегральних температур повітря в холодне і тепле півріччя за період з 1894 по 2024 рр. за даними ГМС «Одеса-порт»

Сумарна оцінка теплового стану північного регіону Чорного моря в теплому півріччі 2024 року представляла собою самі теплі літні умови за всю протяжність інструментальних спостережень в Одесі з 1894 року. Холодне півріччя 2024 року на півдні України, згідно з представленою оцінкою, було на рівні дуже теплих зим и було другим за рівнем після екстремально теплої зими 2000 року.

Для візуалізації внутрішньорічного ходу середньодобових температур повітря в Одесі представлений графік 2023-2024 рр. на рисунку 2.9. Графік побудовано для періоду з листопада по жовтень для того, щоб показати повний зимовий і літній періоди року; крім того дано суміщення з графіком 2022-2023 рр.

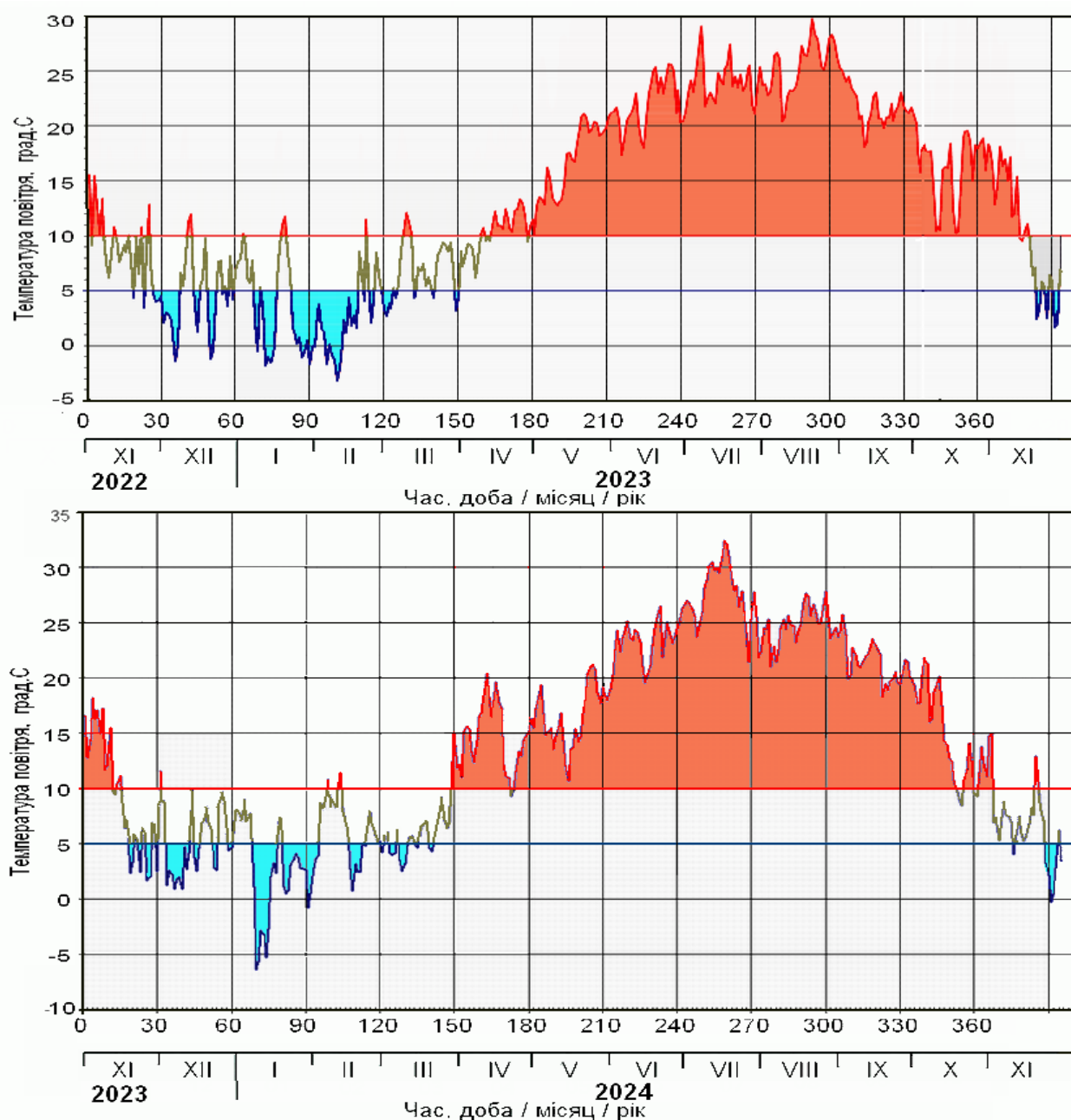


Рисунок 2.9 – Графіки внутрішньорічного ходу середньодобових температур повітря в Одесі за періоди XI.2022-XI.2023 рр. та XI.2023-X.2024 рр.

Зима поточного року - одна з дуже теплих зим сторіччя проявилася лише одним шости добовим випадком негативних середньодобових ($0 \div -6^{\circ}\text{C}$) температур повітря. У холодному півріччі 2023 року таких випадків було п'ять (з декілька вищими температурами $0 \div -3^{\circ}\text{C}$). Термічний режим теплого півріччя в цілому був як і у 2023 р на 1-1.5 місяців більш тривалим, ніж в середньому, але тепер вже за рахунок весняного періоду року.

Останні два роки стали рекордними за температурою повітря за всю історію спостережень. У таблиці 2.2 наведено перші п'ять рядків таблиці середньомісячних та середньорічних значень температури повітря, упорядкованих за зменшенням цих середньорічних значень та їх норми, обчислені за спостереженнями з 1991 по 2020 роки.

Таблиця 2.2. Середньомісячні та середньорічні температури (°C) повітря п'яти найтепліших років за спостереженнями ГМС «Одеса-порт»

№	Роки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Серед.річна
1	2024	2.0	5.8	5.9	14.6	15.8	22.7	27.2	25.0	20.9	13.8	6.0	6.0	13.81
2	2023	3.0	2.4	6.2	9.8	16.5	21.3	23.8	25.3	21.4	16.2	8.5	4.7	13.26
3	2020	2.5	4.7	8.0	10.4	14.1	21.1	24.1	23.7	20.4	16.7	6.5	3.5	12.98
4	2019	0.3	2.7	6.7	9.8	16.6	24.8	23.3	23.6	19.2	12.8	9.4	5.4	12.88
5	2022	1.3	4.4	3.4	9.6	16.1	22.3	23.9	24.8	18.0	13.5	7.6	4.3	12.43
Норми	1991-2020	-0.4	0.4	4.3	10.0	16.2	20.8	23.4	23.1	17.8	12.0	6.3	1.5	11.3

У 2023 році три перші та п'ять останніх місяців помітно перевищують свої норми, у тому числі у січні, вересні та грудні більш ніж на 3°C, а у жовтні на 4,2°C (рис.2.10).

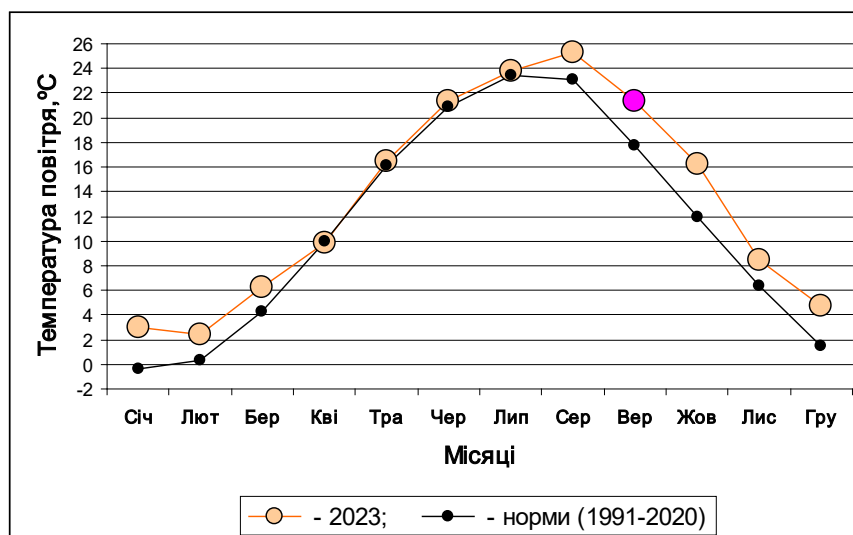


Рисунок 2.10 – Середньомісячні температури повітря 2023 року та діючі норми (за даними ГМС «Одеса-порт»)

На рисунку 2.11 представлені норми та фактичні середньомісячні за

2024 рік температури повітря, що вказує на зростання температури всіх місяців, за винятком травня та листопада.

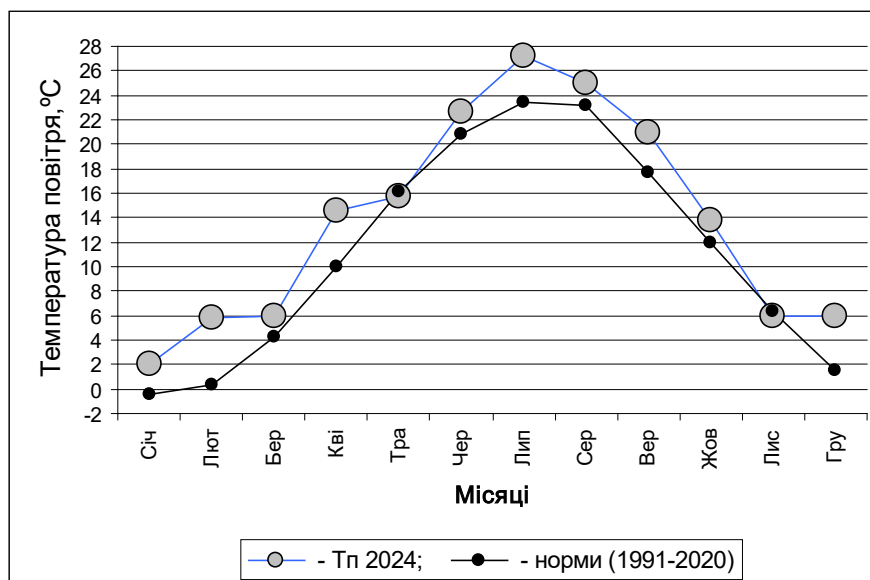


Рисунок 2 11 – Середньомісячні температури повітря за 2024 р. та місячні норми за 1991-2020 рр. (за даними ГМС «Одеса-порт»)

З таблиці 2.2 видно, що 2024 рік став рекордним, із здавалося б неймовірною, більш ніж пів градусною різницею середньорічних температур між ним і попереднім 2023 роком. Про велику швидкість потепління клімату говорить і перевищення середньорічною температурою 2024 року річної норми на 2,5°C. Крім цього, 2024 р. став роком народження двох рекордів середньомісячних температур повітря. По-перше, середня температура лютого була 5,8°C, відразу більш ніж на градус перевищила колишній рекорд 2002 року. По-друге, середня температура липня була 27,2°C, яка сильно виділяється навіть на тлі чотирьох інших виділених у таблиці, як найтепліших місяців, також більш ніж на градус перевищила колишній, досить старий рекорд 1936 року.

Але і це ще не все: 2024 рік став роком народження 23 нових добових рекордів температури, включаючи 7 рекордів липня, два з яких перевершили колишні відразу більш ніж на 4°C.

Узагальнюючи вищесказане, можна констатувати:

Сумарна оцінка теплового стану північного регіону Чорного моря в теплому півріччі 2024 року представляла собою самі теплі літні умови за всю протяжність інструментальних спостережень в Одесі з 1894 року.

Холодне півріччя 2024 року на півдні України було на рівні дуже теплих зимових умов и було другим за рівнем після екстремально теплої зими 2000 року. Останні два роки стали рекордними за температурою повітря за всю історію спостережень.

2.3 Температура морської води

На усі без виключення біологічні процеси в океані, починаючи від продукування первинної органічної речовини та закінчуючи поведінкою промислових гідробіонтів на різних етапах життєвого циклу, робить великий вплив температура води. Будучи найрегулярніше вимірюваним параметром в порівнянні з іншими океанологічними характеристиками, температура води може служити індикатором інших процесів, як гідробіологічних, так і гідрометеорологічних.

Багаторічна мінливість температури морської води, як і температури повітря, має стійку позитивну тенденцію з середини 80-х років минулого століття (рис. 2.12). Середньорічна температура води за 2024р. - 14,5°C виходить на перший рядок у списку найтепліших років.

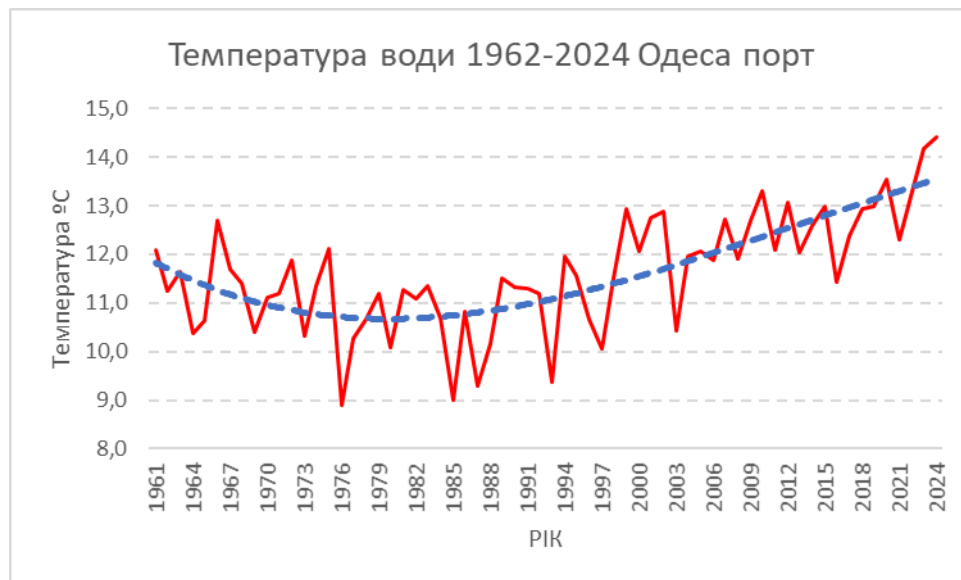


Рисунок 2.12 –Мінливість середньорічних температур морської води
(за даними ГМС «Одеса-порт»)

Температура морської води за даними ГМС «Одеса-порт» за підсумками 2024 року перевищила температурою рекордний в цьому відношенні попередній 2023 рік на 0.4°C (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Середньомісячні та середньорічні за окремі роки температури морської води та чинні зараз норми за даними ГМС «Одеса-порт»

Роки	Місяці												Середньо-річні
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2024	6.4	5.6	6.5	12.5	16.2	21.6	25.5	21.5	21.7	18.4	11.7	6.3	14.5
2023	4.9	4.4	6.7	10.1	16.6	20.7	21.4	24.3	22.8	17.7	13.6	7.5	14.22
2010	1.8	0.1	3.9	10.1	17.0	22.2	24.9	26.5	20.0	13.8	12.5	6.8	13.30
2001	4.1	3.5	5.0	9.5	13.7	16.4	25.3	25.0	20.3	16.2	11.2	2.7	12.74
1991-2020	2.6	1.9	3.8	8.8	15.0	19.2	21.3	22.3	18.8	14.7	9.7	5.3	11.9
T₂₀₂₄ - норма	3.7	3.8	2.7	3.8	1.2	2.4	4.2	-0.8	2.9	3.7	3.0	2.0	2.6

З останнього рядка таблиці видно, за рахунок яких місяців 2024 рік виявився першим у списку найтепліших за температурою води років. У восьми місяцях середньомісячні температури 2024 року перевищували норми більш ніж на 2°C, з них у чотирьох місяцях – більш ніж на 3°C, а у липні більше ніж на 4°C.

Винятком була температура у серпні величина якої була нижчою за

норму на 0.8 °C (рис.2.13).

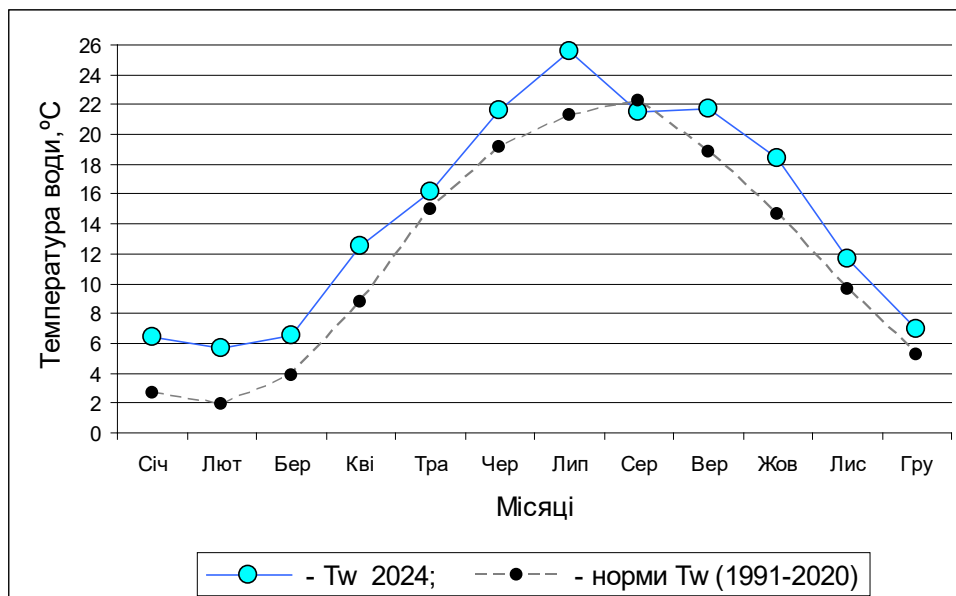


Рисунок 2.13 – Середньомісячні температури води 2024 року та діючі зараз норми (за даними ГМС «Одеса-порт»)

Середньодобові температури води показали, що високу середньомісячну температуру липня 2024 року 25,5°C забезпечили 13 діб з температурою вище 26°C, включаючи 10 діб із температурою вище 27°C, з яких три доби мали середню температуру вище 28°C. Максимальна строкова температури 28,5°C була зафіксована 18 липня.

У зв'язку з максимальною температурою липня 2024 року постало питання про абсолютний максимум температури води зафіксований в Одесі. З урахуванням тенденції підвищення температури поверхні Землі, що задається глобальним потеплінням, для відповіді на це питання використовувалися дані спостережень ГМС «Одеса-порт» за останні 25 років тобто з початку поточного сторіччя.

Виявилося, що у 16 з цих 25 років температури води піднімалися вище 26°C, з них у семи – вище 27°C і лише у трьох – вище 28°C. Цю трійку склали 2001, 2010 і вже згаданий 2024 роки.

За показниками температури води 2001 та 2024 роки дуже схожі: у тому й іншому найвищі та дуже близькі середньомісячні температури

відзначені у липні 25,3 і 25,5°C, у тому й іншому було по 4 доби із температурою води вище 28°C. Тому не дивно, що й максимальні температури практично однакові: 28,4°C 16 липня 2001 р. та 28,5°C 18 липня 2024 р.

Дуже різко від цих двох років та й усіх інших відрізняється 2010 рік. У ньому найвищі температури води відзначалися у серпні: температура вище 28°C відзначалася протягом 10 діб, вище 29°C – 8 діб, вище 30°C – 5 діб. Максимальна температура 30,2°C відзначена 11 серпня.

2.4 Солоність морської води

Середня солоність морської води за даними ГМС "Одеса-порт" за 1991-2020 роки 13,99 опс. Ця величина за правилами гідрометеорології тепер буде служити річною нормою солоності 10 років, з 2021 по 2030. Попередня норма солоності, що діяла по 2020 р., була трохи більшою і дорівнювала 14,01 опс.

До "Каховської" катастрофи середнє значення солоності в ОЗ з початку століття змінювалося у діапазоні від 12,6 опс у 2006, 2013 та 2018 рр., до 15,6 опс у 2020 р. при середньому значенні 13,77 опс. За останні два роки середньорічне значення солоності різко знизилося (рис.2.14).

Середнє за 2023 р. значення солоності, дорівнює 12,2опс, що помітно менше річної норми 13,97 опс. Значна частина цієї відмінності в 1,6 опс зобов'язана мінімуму солоності в червні, а поява цього мінімуму, на жаль, пов'язана з підривом греблі Каховської ГЕС.

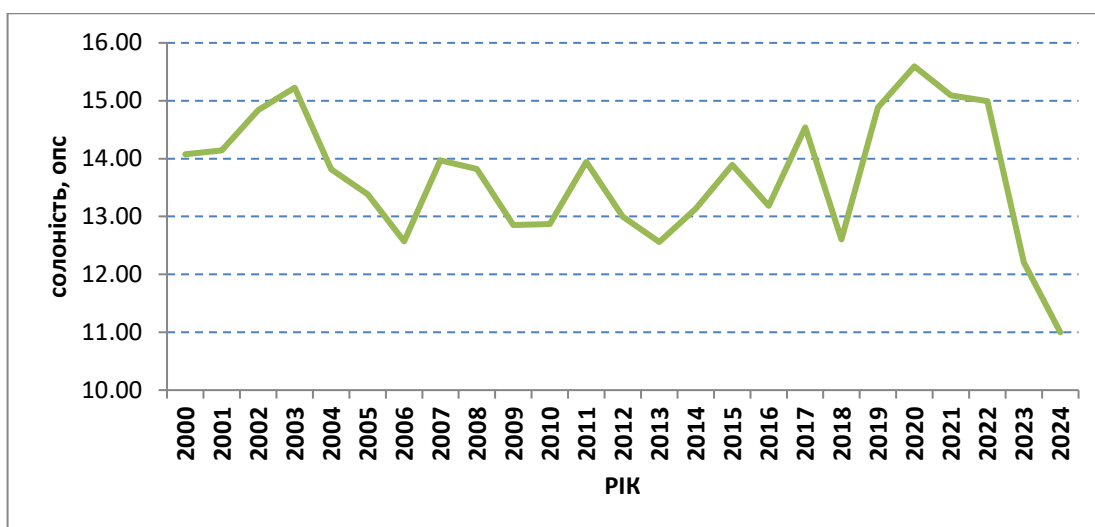


Рисунок 2.14– Середньорічні значення солоності морської води у XXI столітті (за даними ГМС «Одеса-порт»)

Середньомісячна солоність червня 2023 р. була 8,4 опс, при місячній нормі 13,6 опс. Після прориву греблі Каховського водосховища на чотири дні солоність, виміряна за добовими спостереженнями, опускалася до мінімуму 4,16 опс 13 червня. Про те, наскільки значним було це зниження солоності, говорить наступний факт: за період 1991-2022 рр., середньомісячні значення солоності нижче 8,4 опс траплялися лише двічі у січні 1999 р. та у березні 2018 р. Дуже ймовірно, що ці два мінімуми солоності пов'язані зі стоком Дніпра. Принаймні за обсягом стоку за січень-березень за 30 років з 1990 р. на першому місці знаходиться 1999, а на третьому 2018 р.

У 2024 середньорічне значення солоності морської води в ОЗ склало 10,8 опс це більш ніж на 2,0 опс менше середньої багаторічної величини та на 1,4 опс менше ніж у 2023 році. На рисунку 2.15 показані суміщені графіки середньомісячних значень солоності в портах Одеса та Південний за 2023 та 2024 роки. Відзначимо, що візуально графіки поводяться досить синхронно.

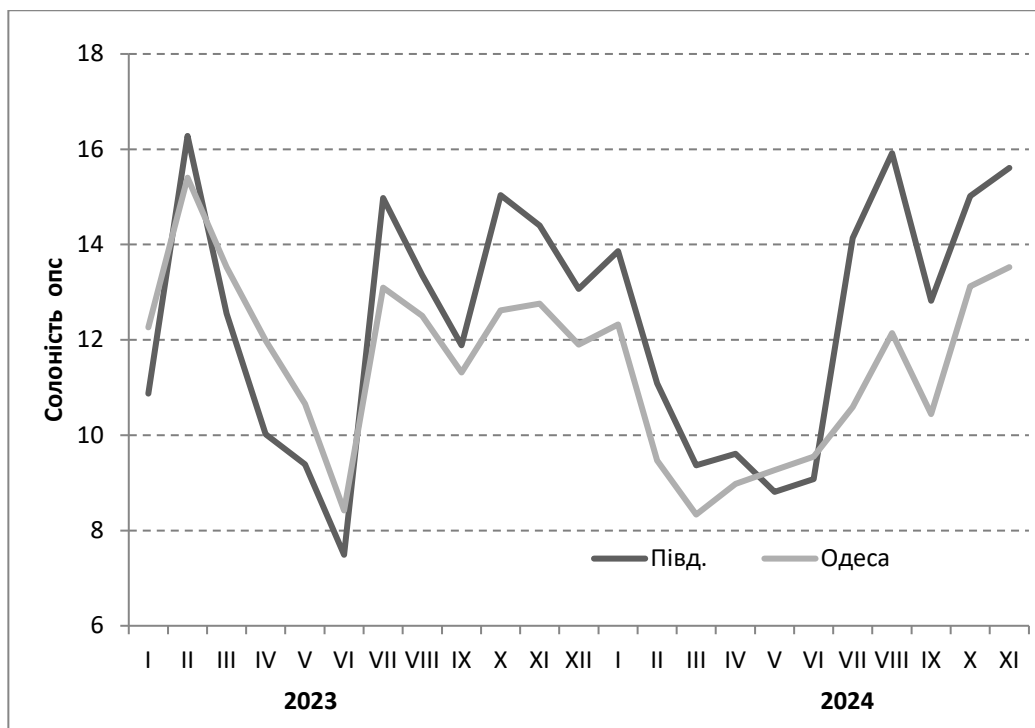
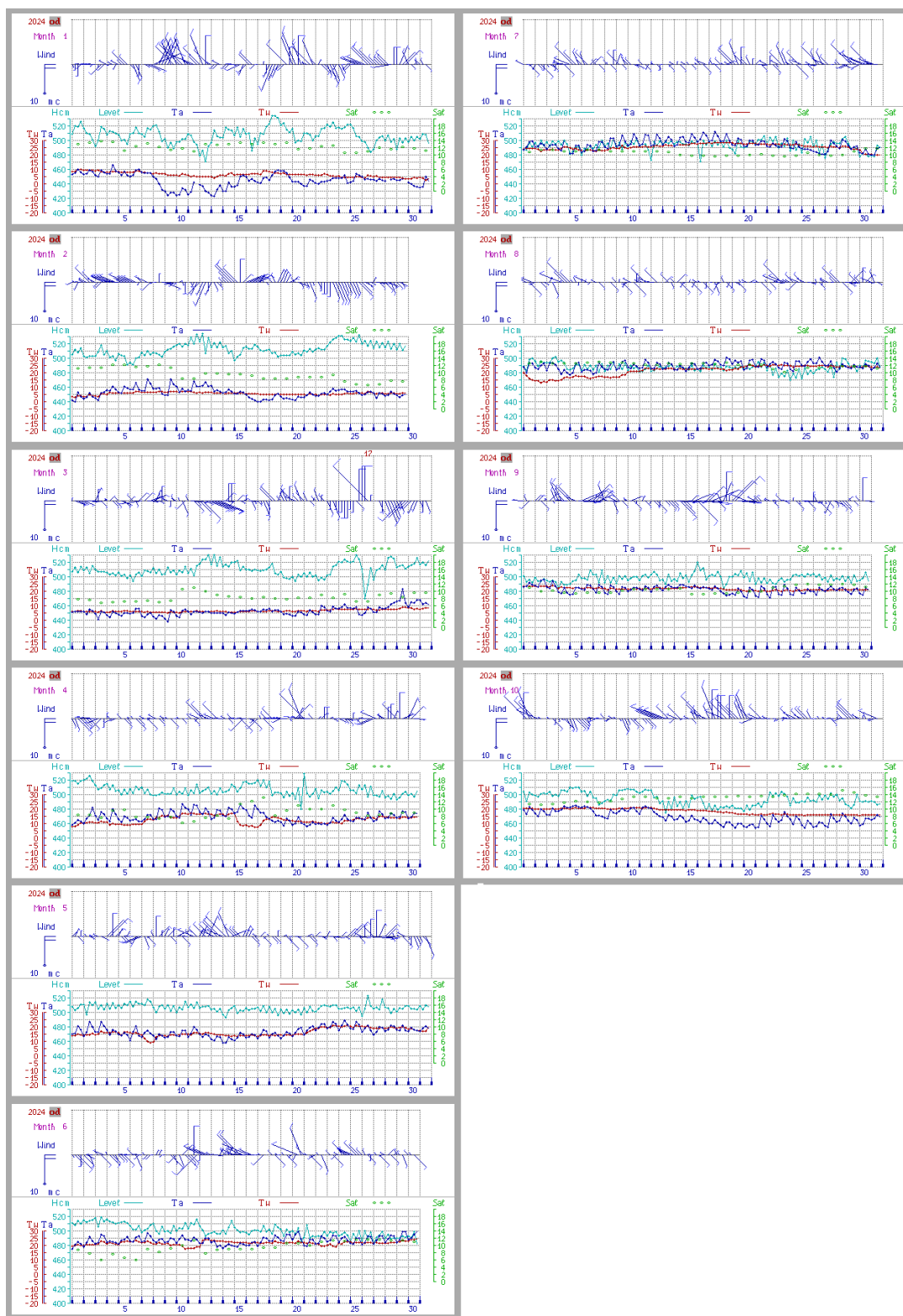


Рисунок 2.15 – Середньомісячний розподіл солоності у 2023 та 2024 роках за даними ГМС «Одеса-порт» та СГМ порт Південний

Максимуми та мінімуми середньомісячних значень збігаються. Максимальна солоність була відзначена на обох пунктах спостережень у лютому 2023 року, виділяється "каховський" мінімум у червні того ж року. Середньорічне зниження солоності у 2024 році забезпечили п'ять місяців із першого півріччя, з лютого по червень. Зазначимо також, що протягом усього періоду середньомісячні значення солоності в порту Південний були вищими, ніж у порту Одеси.

Різке зниження солоності на тлі підвищення температури води цілком може вплинути на зміну біорізноманіття водного середовища ОЗ.

Об'єднані щомісячні графіки часових змін основних гідрометеорологічних параметрів за даними вимірів ГМС «Одеса-порт» в 2024 році представлені на рисунку 2.16.



Примітка 1. Вітер - вектора синього кольору.

Примітка 2. Рівень моря - фіолетові лінії.

Примітка 3. Температура води - червоні лінії.

Примітка 4. Солоність води - зелені еліпси.

Примітка 5. Температура повітря - сині лінії.

Рисунок 2.16 – Щомісячні графіки часових змін основних гідрометеорологічних параметрів за даними вимірів МГС «Одеса-Порт» в 2024 році.

2.5 Атмосферні опади

Спостереження атмосферних опадів в Одесі ведуться з 1867 року. Список річних сум опадів зараз містить 157 значень між 192 мм у 1921 та 753 мм у 2016 році.

Перша в XXI столітті норма річної суми опадів була обчислена середнім 30 річних сум опадів з 1971 по 2000 рік. Вона діяла з 2001 по 2010 рік і дорівнювала 439 мм, друга норма, з 2011 року, дорівнювала 450 мм, а третя, що діє в поточному десятилітті, – 462 мм. Графік річних сум опадів із 1971 року представлено на рисунку 2.17.

Лінійний тренд на графіку із 34 річних сум опадів із 1990 по 2024 рік (рис. 2.17) показує тенденцію поступового зростання кількості опадів. Швидкість зростання, розрахована за рівнянням тренду, дорівнює 1,4 мм на рік. Приблизно таку ж швидкість зростання кількості опадів дають і річні норми.

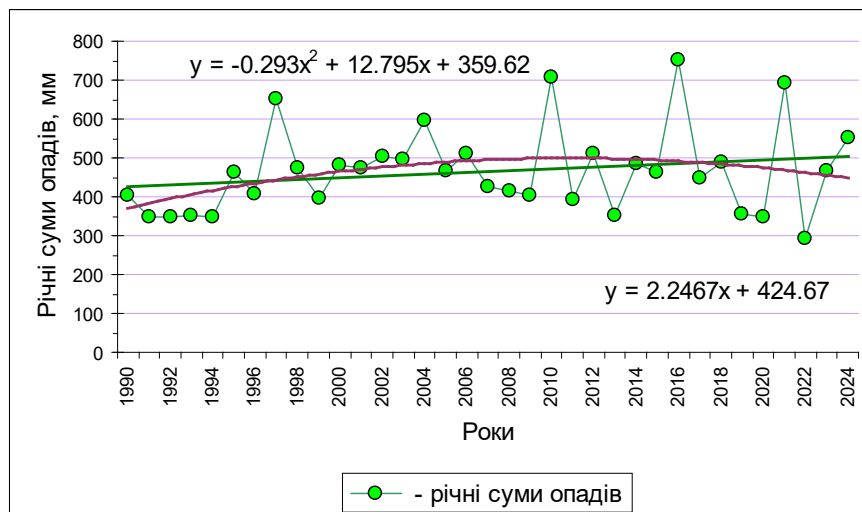


Рисунок 2.17 – Річні суми опадів за 1990-2024 рр. (за даними ГМС Одеса)

Відповідно до рівняння лінійної апроксимації на рисунку 2.17, кількість опадів збільшувалася, загалом, на 0,9 мм на рік.

Однак візуально більшість точок на графіку створює враження, що кількість опадів зростала тільки в першій половині аналізованого проміжку

часу, а в другій половині воно почало знижуватися. Це відчуття добре передається поліноміальним трендом другого ступеня.

Два факти, збільшення річних норм опадів та збільшення кількості років з опадами менше за норму, примиряють три роки з дуже великими кількостями опадів. Це рекордний за 158 років метеоспостережень в Одесі 2016 рік із сумою опадів 753 мм (166% від своєї річної норми), 2010 рік (709 мм, 161%) і 2021 рік (693 мм, 150%).

Однак останні кілька років намітилася тенденція у бік зменшення опадів, викликаний трьома роками з великим дефіцитом опадів. Їхні річні суми розташовані в безпосередній близькості від верхньої межі посушливих років, 340 мм, визначеної нами за 157-річним рядом спостережень. Це 2019 р. із сумою опадів 354 мм (78% від чинної норми), 2020 р. – 349 мм (77 % від норми) і розташований вже серед посушливих років 2022 р. – 293 мм (63% від норми).

Таблиця 2.4 дає уявлення про середньомісячний розподіл опадів в Одесі за 2024 рік.

Таблиця 2.4 – Місячні та річна суми опадів за 2024 рік та їх норми за 1991-2020 роки.

Роки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Річні суми
2024	56.7	4.4	88.7	70.2	33.4	77.0	17.9	20.0	78.5	39	17,3	49,2	552,3
1991-2020	43	35	34	28	39	47	45	40	42	37	39	35	462

З таблиці видно, що сума опадів за 2024 року перевищила річну норму майже на 20%. Це перевищення – наслідок того, що у семи місяцях фактичні місячні суми опадів перевищували норми, зокрема у березні й у квітні, більш ніж удвічі. П'ять місячних сум опадів були нижчими за свої норми і становили від них від 12% у лютому до 50% у серпні. Вони, як місяці із сумами опадів менше 80% від норми, представлені на жовтому тлі і їх слід вважати посушливими.

Таким чином, 2024 рік і з сумою опадів 552,3 мм на 22 місці серед 34 років, які входять до 25% найбільш вологих років від загального списку.

3. МІНЛИВІСТЬ СТОКУ ДУНАЮ У 2024 РОЦІ НА ТЛІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ХХІ СТОЛІТТІ

Багаторічна практика гідробіологічних досліджень ПнЗЧ ЧМ показала, що життя в морі тісно пов'язане з гідрологічними умовами, а ті, своєю чергою, сильно залежать від річкового стоку і, насамперед, від стоку Дунаю [5;6]. Моніторинг стоку Дунаю (рис. 3.1) можливо найважливіша частина екологічного моніторингу ПнЗЧ ЧМ. За останнє десятиліття відмічається деяке зниження стоку Дунаю відносно попередніх років.



Рисунок 3.1– Супутникове зображення дельти Дунаю 01 лютого 2024 р.

На рисунку 3.2 представлено низку річних витрат Дунаю за 48 років, з 1977 по 2024 рік. Лінійний тренд показує, що витрати води в річці за цей час у середньому зменшувалися. Розрахунки за формулою лінійного тренду показали, що витрати зменшувалися зі швидкістю $0,6 \text{ км}^3/\text{рік}$ і взагалі зменшились на $28,7 \text{ км}^3$.

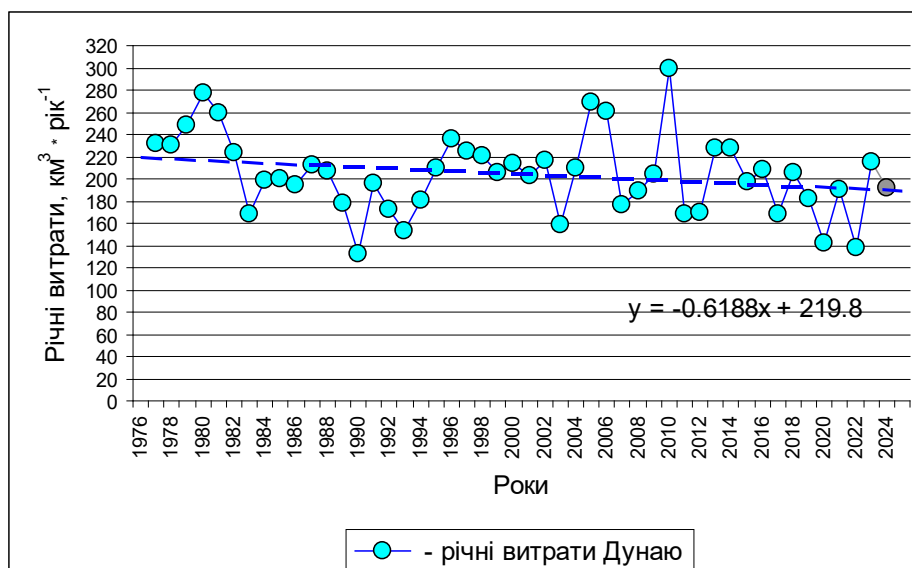


Рисунок 3.2 – Річні витрати води Дунаю з 1977 по 2024р. (за даними Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії, м. Ізмаїл)

На рисунку 3.3 представлені місячні витрати річки за 2023 та 2024 роки на тлі двічі повтореного річного набору місячних норм цих витрат, розрахованих за даними Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії за 1991-2020 роки. Високі витрати води, які перевищують суму середньомісячного за рік витрати з величиною стандартного відхилення від нього 12-ти місячних витрат, виділено на рисунку помаранчевими точками.

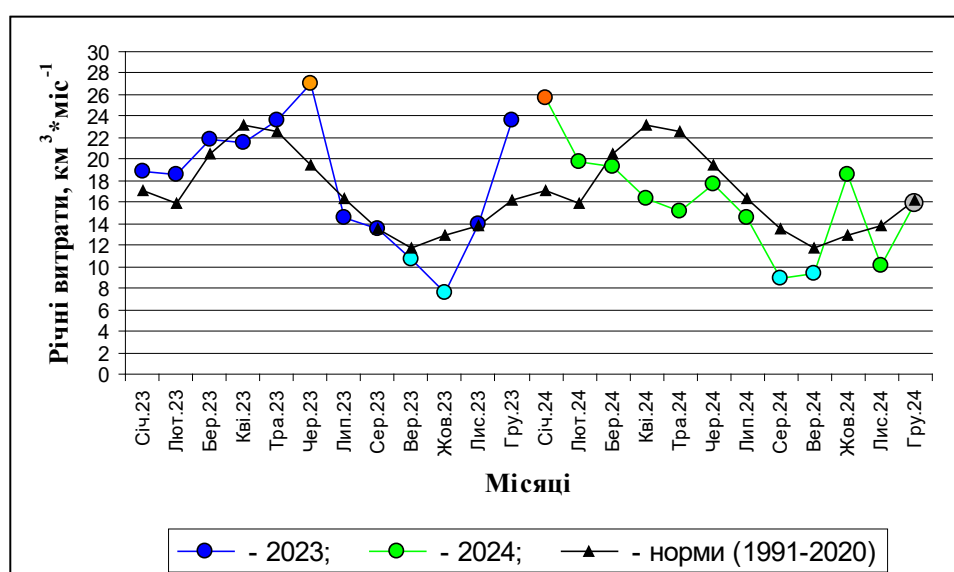


Рисунок 3.3 – Годограф місячних витрат Дунаю за 2023 та 2024 рр. поєднаний з графіком їх місячних норм

За своєю величиною і відповідно до описаного вище критерію [7], ці витрати, якби вони були зафіксовані в березні - червні, а краще у квітні-травні, слід було б віднести до весняної повені, але з них на це може претендувати лише червнева 2023 року витрата 27,0 км³. У 2024 р. єдиний випадок витрати достатньої величини, 25,7 км³, зафіксований у січні який сформувався в результаті зимових відлиг у басейні Дунаю. Слід звернути увагу і на витрату 23,7 км³ у грудні 2023 р. Що стосується річних мінімумів витрат Дунаю - вони виділені на малюнку бірюзовим кольором - то вони і за величиною, і за часом потрапляють у рамки кліматичної межні: вересень-жовтень 2023 року та серпень-вересень 2024 року. Збільшення стоку в жовтні швидше за все сталося в результаті виходу паводкової хвилі, викликаної рекордними сумами опадів, що випали у Центральній та Східній Європі у вересні.

Особливістю 2024 року в часовому розподілі стоку Дунаю було те, що як і в 2022 році зимовий паводок перевищував весняну повінь (рис. 3.4).

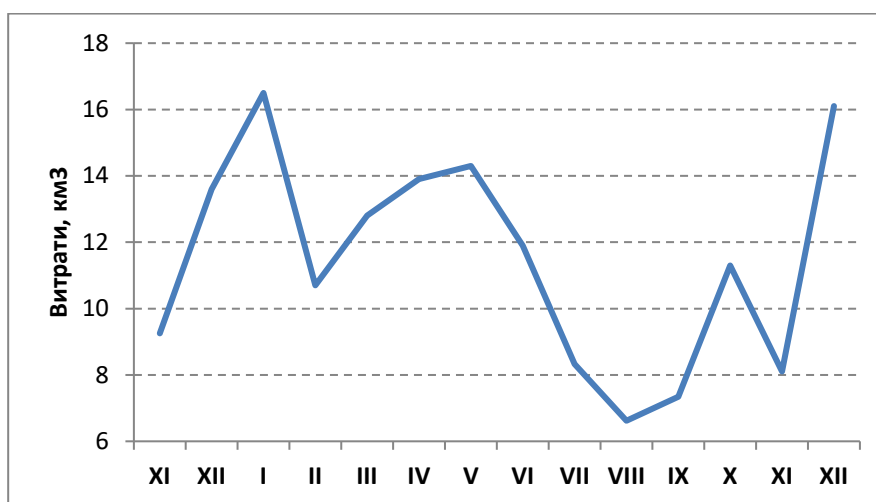


Рисунок 3.4 – Годограф стоку Дунаю за листопад, грудень 2021 та 2022 рік.

Якщо в 2024 р. груднева витрата Дунаю буде близькою до грудневої норми, то його річна витрата буде меншою за багаторічну норму на ті ж 6% і ця величина у списку з 48 значень річних витрат з 1977 р., упорядкованому за їх зменшенням, опиниться на 32 місці серед років із нормальним річним стоком.

4 МІНЛИВІСТЬ ОКЕАНОГРАФІЧНИХ ПОЛІВ ВЕРХНЬОГО ШАРУ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ 2003-2023 РР.

Для аналізу просторового розподілу та тимчасової мінливості полів температури поверхні води, солоності та кисню Чорного моря були використані дані супутникових спостережень та математичного моделювання гідрофізичних процесів, що надаються Європейським космічним агентством СММСК з наступними параметрами: просторовий розподіл – 3х3 км, тимчасовий розподіл – середньомісячні дані, по вертикалі – горизонт 2,5 м.

Розглянемо особливості просторового-часового розподілу основних параметрів (ТПМ, солоність, кисень) на прикладі даних для чотирьох сезонів - зима, весна, літо, осінь. Вибірка проводилася для найбільш характерних місяців сезону (таб. 4.1). Для зимового періоду найбільш показовим виявився лютий (рис. 4.1.), для весни - квітень (рис. 4.2), для літа - серпень (рис. 4.3), для осені - жовтень (рис. 4.4).

Таблиця 4.1 – Максимальні та мінімальні значення параметрів
гідрологічних полів Чорного моря 2023 р.

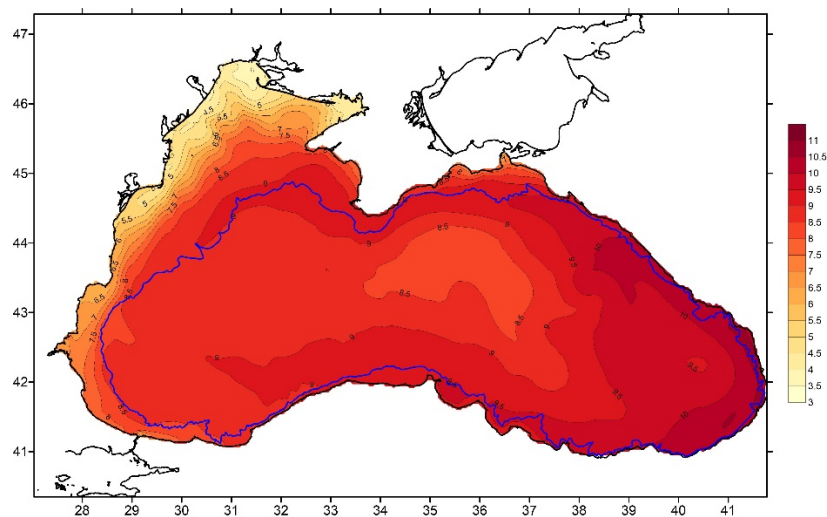
Місяці	Т-ра води °С		Солоність опс		Кисень мл/л	
	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.
грудень	14,8	08,1	19,93	14,26	11,16	08,78
січень	12,8	06,3	18,95	15,18	12,19	09,28
лютий	10,6	03,7	19,17	11,78	13,09	09,84
березень	10,2	05,9	19,07	11,83	14,18	10,18
квітень	12,3	08,6	19,00	10,65	13,77	09,78
травень	16,2	13,4	18,86	09,57	12,52	09,18
червень	23,6	18,3	18,85	10,54	11,38	08,38
липень	26,1	22,9	18,83	11,04	10,21	07,79
серпень	28,5	19,9	18,69	11,60	10,11	07,58
вересень	26,1	18,1	18,89	11,95	10,46	07,63
жовтень	22,1	17,6	18,85	13,23	09,68	08,03
листопад	18,8	14,2	18,79	14,55	09,72	08,18

Розподіл гідрофізичних параметрів (температура поверхні моря(ТПМ0, солоності, кисню) в зимовий період був наступним.

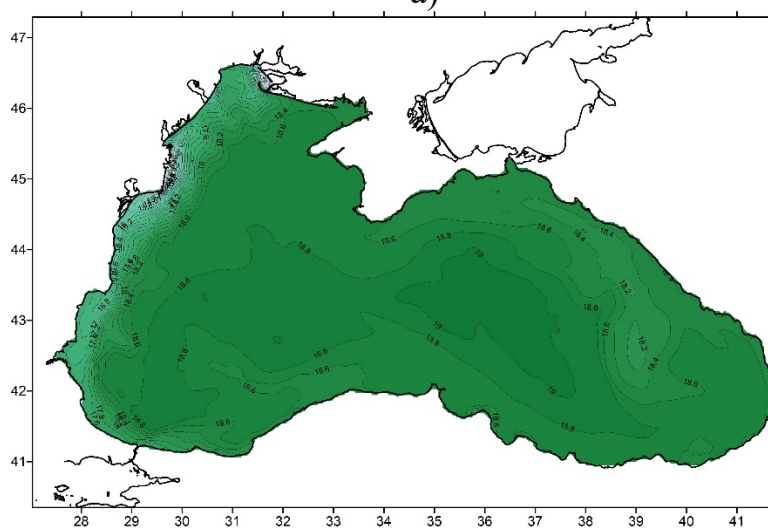
Для ТПМ в зимовий період (рис. 4.1 а) максимальна температура відзначається в східній частині моря ($14,8^{\circ}\text{C}$ в грудні, в січні – $12,8^{\circ}\text{C}$, в лютому – $10,6^{\circ}\text{C}$), мінімальна - в Північно-Західній частині моря, що є мілководною, яка легко вихолоджується та знаходиться під впливом стоку річок - $3,7^{\circ}\text{C}$ у лютому, $8,1^{\circ}\text{C}$ – у грудні та $6,3^{\circ}\text{C}$ – у січні. Центральна частина моря зайнята водами з температурою у грудні від $12,0^{\circ}\text{C}$ до $12,5^{\circ}\text{C}$, у січні від $9,5^{\circ}\text{C}$ до $10,5^{\circ}\text{C}$, та у лютому від $8,0^{\circ}\text{C}$ до $8,5^{\circ}\text{C}$.

Для розподілу солоності (рис. 4.1 б) характерні мінімуми в Північно-Західній частині моря та в Південній у берегів Туреччини. Ці мінімуми обумовлені стоком річок (район Дніпро-Бузького лиману (ДБ), Дністровського лиману, стоку Дунаю) та гірських рік Турецького узбережжя. Для зимового сезону рівень мінімальної солоності, коли сток річок невеликий, досягає 11,78 опс. Максимальні значення солоності приурочені до центральної частини ЧМ з величинами до 19,17 опс.

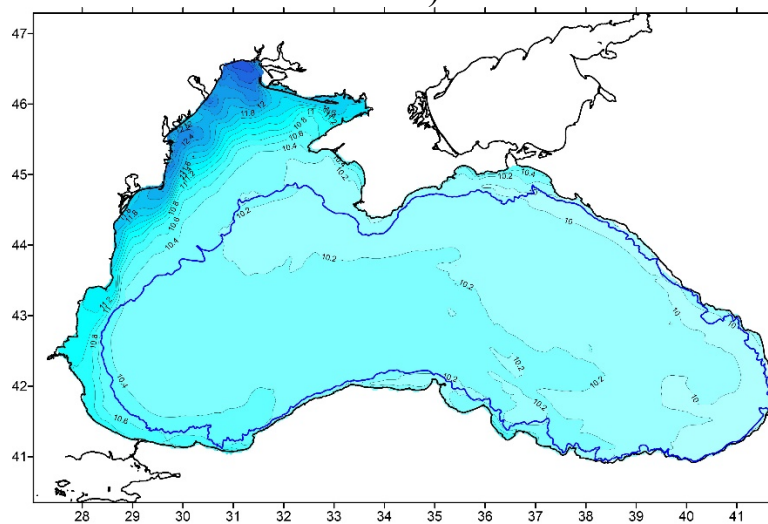
У просторовому розподілі полів кисню (рис. 4.1 в) максимум значень ($13,09$ мл/л) розташовується в Північно-Західній частині Чорного моря в районі ДБ лиману. Мінімальні значення від $8,78$ мл/л до $9,84$ мл/л відзначаються в східній частині моря вздовж Кавказького узбережжя. В основному, для всієї акваторії моря в зимовий період, значення кисню становлять від $10,10$ мл/л до $10,30$ мл/л.



а)



б)



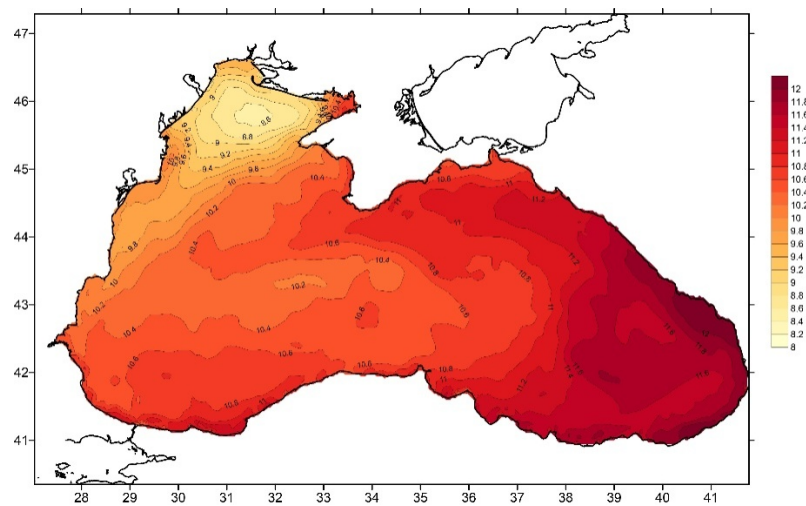
в)

Рисунок 4.1 – Розподіл ТПМ (а), солоності (б) та кисню (в) в Чорному морі в лютому 2023 р.

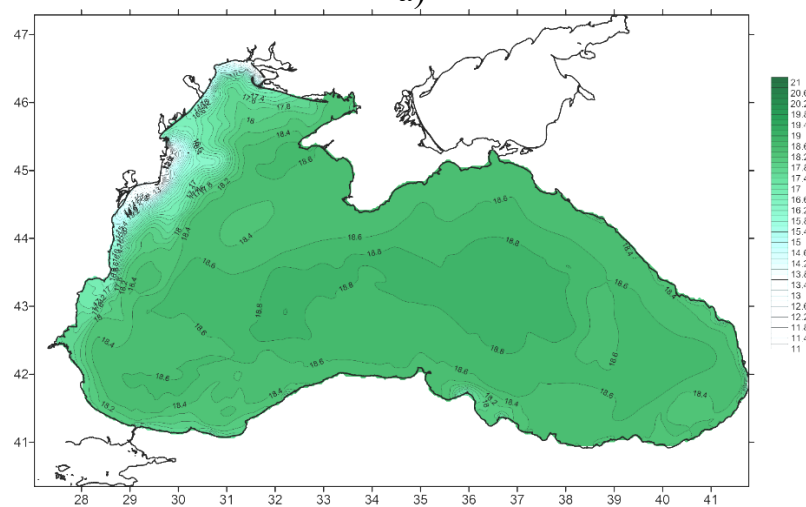
Для ТПМ у весняний період (рис. 4.2 а) діапазон температури коливається в середньому для всього моря від $9,5^{\circ}\text{C}$ до $11,8^{\circ}\text{C}$. Але при цьому, розподіл такий: максимальна середня температура відзначається в східній частині моря і досягає максимуму вздовж Кавказького узбережжя $11,8^{\circ}\text{C}$, мінімальна - в центрі Північно-Західній частині Чорного моря $8,5^{\circ}\text{C}$. Ще один відносний мінімум з ТПМ $10,2^{\circ}\text{C}$ розташований в центральній частині моря.

Для розподілу солоності (рис. 4.2 б) характерний мінімум в Північно-Західній частині моря (10,65 опс), обумовлений стоком річок (район ДБ, Дністровського лиману, і, особливо, стоку Дунаю). Максимальні значення солоності приурочені до центральної частини Чорного моря з величинами - 19,00 опс. У середньому солоність для всієї акваторії моря, за винятком вздовж берегової частини з річним стоком, коливається в межах від 18,20 опс до 18,80 опс.

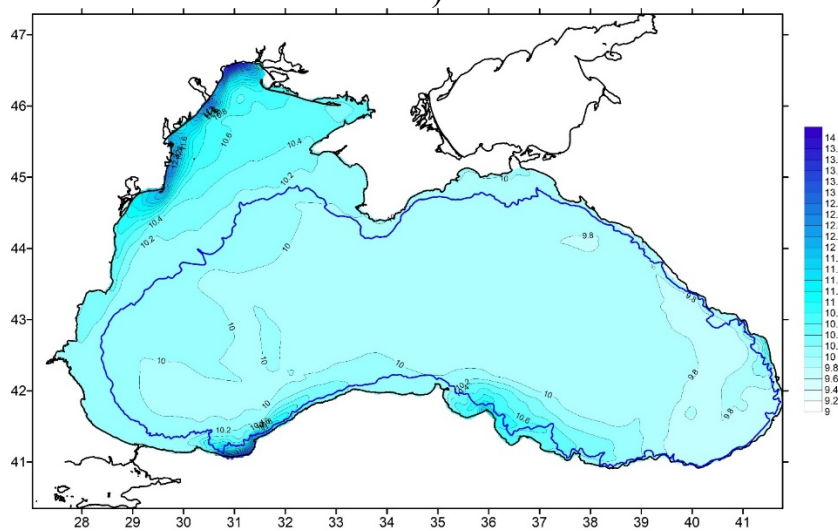
У просторовому розподілі полів кисню (рис. 4.2 в) максимум значень 13,77 мл/л розташовується в Північно-Західній частині Чорного моря і обумовлений стоком річок. Окремі максимуми значень кисню, також обумовлені стоком річок, розташовуються вздовж південного узбережжя моря (Туреччина) - до 11,10 мл/л і вздовж Кавказького узбережжя - до 10,60 мл/л у місцях впадіння річок у море. Мінімальні значення 9,78 мл/л спостерігаються в східній частині моря. В цілому, для всієї акваторії моря, значення кисню становлять від 9,8 мл/л до 10,0 мл/л, для північно-західної частини моря коливання рівня кисню складають від 13,77 мл/л до 10,20 мл/л.



а)



б)



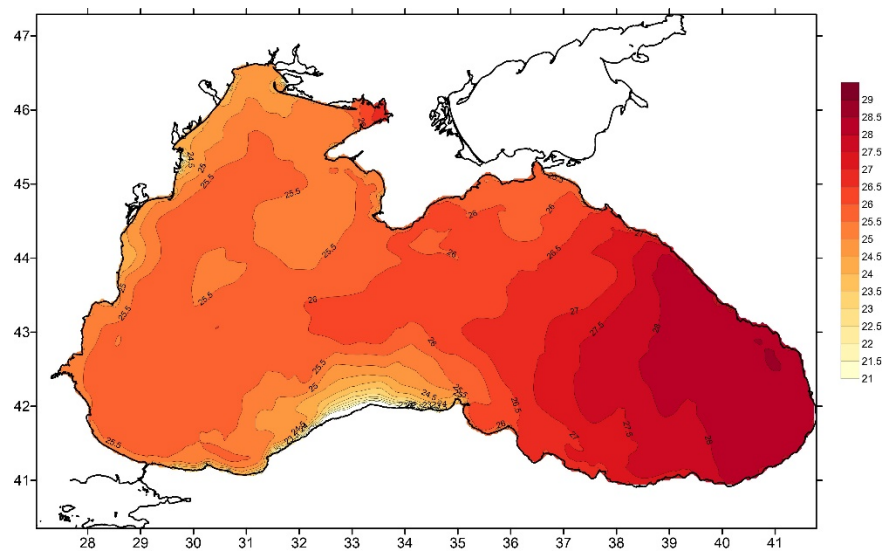
в)

Рисунок 4.2 – Розподіл ТПМ (а), солоності (б) та кисню (в) в Чорному морі в квітні 2023 р.

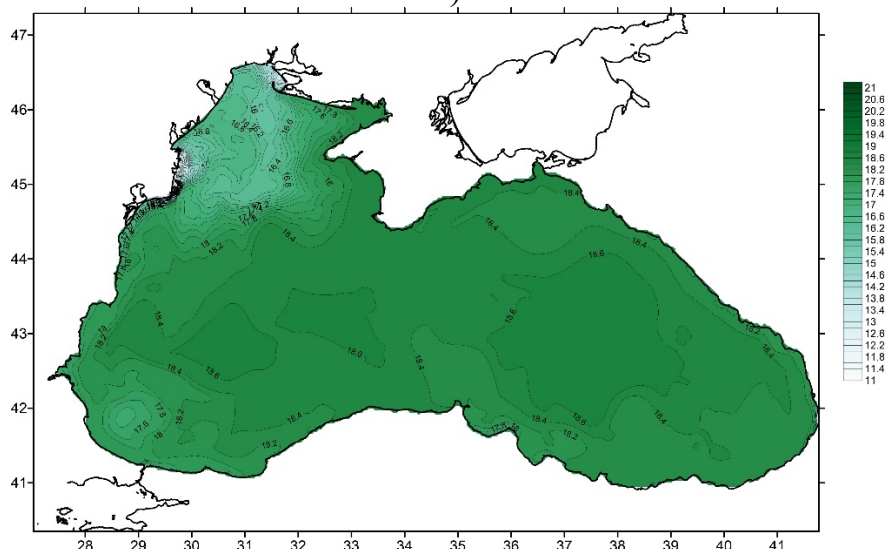
Для літнього сезону (рис. 4.3 а) по розподілу ТПМ вирізняються наступні зони: західна частина моря з температурою поверхневого слою води в діапазоні від 25,5°C до 26,5°C, дуже тепла східна частина у Кавказького узбережжя – від 26,0°C до 28,5°C та північно-західна частина ЧМ від 24,5°C до 25,0°C. Мінімальні значення ТПМ відзначаються вздовж південного узбережжя Туреччини у містах, де впадають у море річки від 21,5°C до 23,5°C.

У літній період (рис. 4.3 б) в центральній частині Чорного моря спостерігаються три області, які характеризується солоністю від 18,65 опс до 18,7 опс, але більша частина акваторії сформована водами із солоністю в межах від 18,4 опс до 18,6 опс. Звертає увагу низький рівень солоності - 17,4 опс в зоні поряд з Босфором. Великий район з пониженою солоністю спостерігається від Дніпро-Бузького лиману, а далі досить вузьким язиком до меж північно-західного району Чорного моря зі значеннями від 14,30 опс до 16,30 опс. Також уздовж узбережжя від Дністровського лиману та Дунайського регіону до Болгарії сформувалася смуга вод зниженої солоності зі значеннями від 11,22 опс до 17,66 опс.

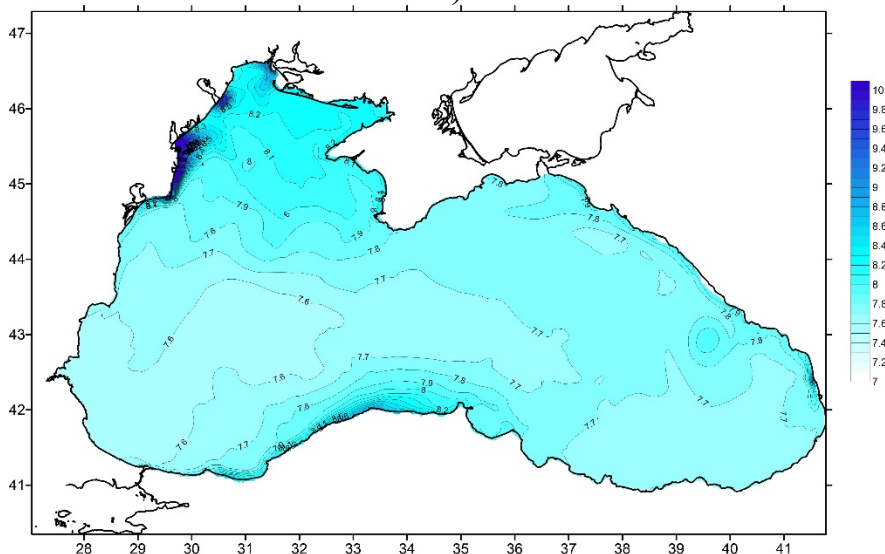
По розподілу кисню, акваторію Чорного моря можна поділити на кілька частин – західний з вмістом кисню від 7,60 мл/л до 7,55 мл/л, центральний район з вмістом кисню від 7,60 мл/л до 7,80 мл/л, північно-західний район – від 8,00 мл/л до 8,20 мл/л, Дніпро-Бузький район від 8,75 мл/л до 8,55 мл/л, район Дністровського лиману від 8,36 мл/л до 9,88 мл/л, Дунайський район від 8,40 мл/л до 10,24 мл/л та південний район вздовж узбережжя Туреччини від 8,20 мл/л до 8,66 мл/л. Всі райони з максимальним вмістом кисню пов'язані зі стоком річок.



а)



б)



в)

Рисунок 4.3 – Розподіл ТПМ (а), солоності (б), кисню (в) в Чорному морі у серпні 2023 р.

Просторовий розподіл ТПМ в осінній період (рис. 4.4 а) визначається більш високою температурою великої області від східної частини моря до західної і окреслюються ізотермами від $20,5^{\circ}\text{C}$ до $21,5^{\circ}\text{C}$ (з максимумом $22,1^{\circ}\text{C}$). Центральна частина моря є холодною з добре вираженою областю мінімуму і окреслюється ізотермами від $18,0^{\circ}\text{C}$ до $19,0^{\circ}\text{C}$ (мінімум $17,6^{\circ}\text{C}$). Мінімальна температура поверхні моря спостерігається в Північно-Західній частині і зовнішня границя окреслена ізотермою $19,0^{\circ}\text{C}$ з мінімальними значеннями в районі Каркінітської затоки до $17,4^{\circ}\text{C}$.

В осінній період (рис. 4.4 б) три чверті акваторії Чорного моря займає область із солоністю від 18,40 опс до 18,60 опс, з окремими ядрами, де максимальні значення досягають 18,85 опс. Уздовж південного узбережжя ЧМ тягнеться смуга вод із солоністю нижче 18,4 опс, обумовлена переносом менш солоних вод від Босфору та стоком гірських річок. У Північно-Західній частині моря від ДБ до узбережжя Болгарії сформувалися окремі ядра зниженої солоності, обумовлені збільшеним стоком річок, пов'язаному з осінньою повінню. Просторово просліджуються три райони з низькою солоністю. Перший – ДБ, з мінімальною солоністю від 12,92 опс. Другий – район Дністровського лиману з мінімальною солоністю 16,37 опс і великий район, обумовлений стоком р. Дунай з солоністю від 16,40 опс до 12,82 опс.

По розподілу кисню (рис. 4.4 в), акваторія ЧМ поділяється на частини з середньою, низькою та великою концентрацією. ПнЗЧМ характеризується максимальним розподілом кисню в містах витоку річок, а саме – ДБ з максимумом – 9,42 мл/л, Дністровський лиман – 9,64 мл/л та виток р. Дунай – 9,66 мл/л. Виділяється велика зона з підвищеним змістом кисню, що простягається від Керченської протоки вздовж східного узбережжя Криму і досягає центральних районів ЧМ. В районі Керченської протоки зміст кисню досягає 8,94 мл/л і окреслюється зона ізолінією 8,70 мл/л. Розподіл більш насиченою і менш насиченою киснем акваторії ЧМ пролягає по ізолінії 8,50 мл/л, яка розділяє море на північну та південну частини. На південь від цієї ізолінії менш насичена киснем акваторія - від 8,27 мл/л уздовж узбережжя

Туреччини до 8,04 мл/л на півдні Кавказького узбережжя. На північ від ізолінії 8,50 мл/л насиченість киснем коливається в середньому від 8,60 мл/л до 8,70 мл/л.

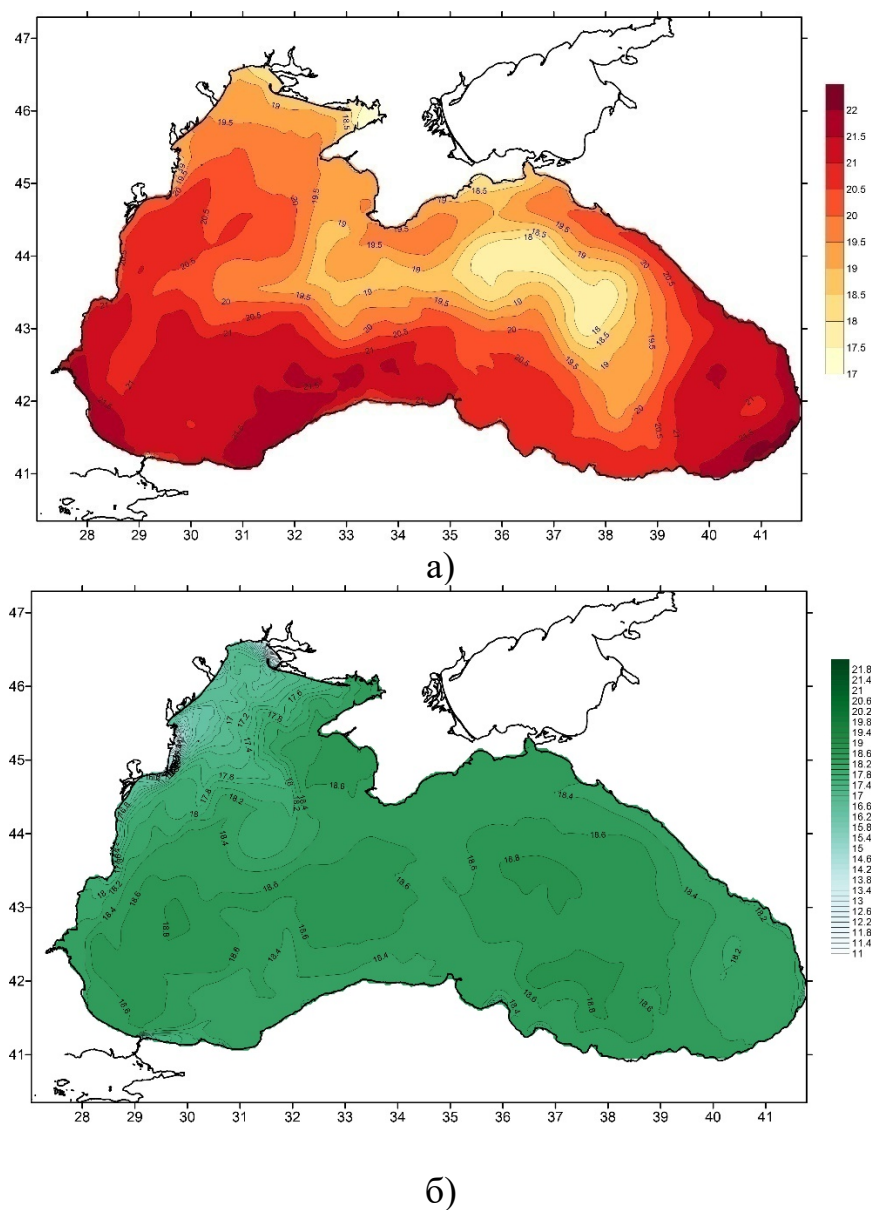


Рисунок 4.4 – Розподіл ТПМ (а), солоності (б), кисню (в) в Чорному морі у жовтні 2023 р.

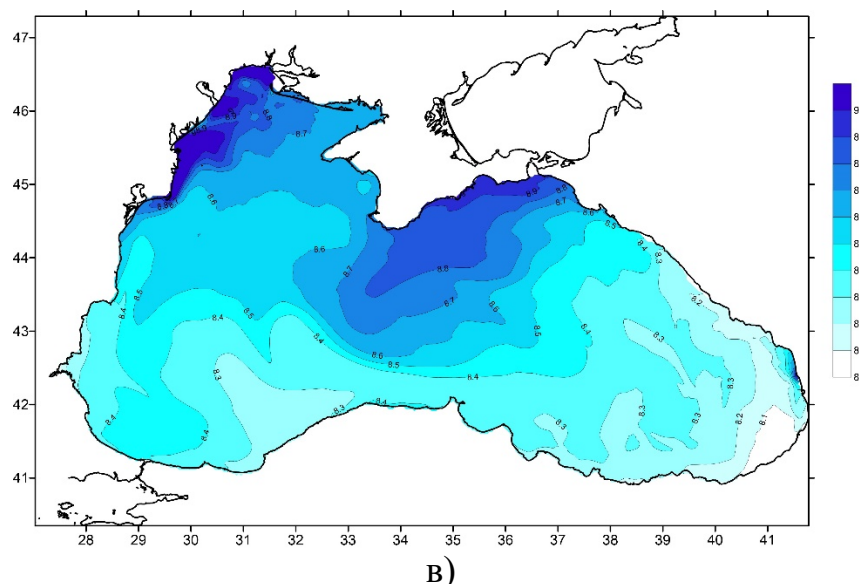


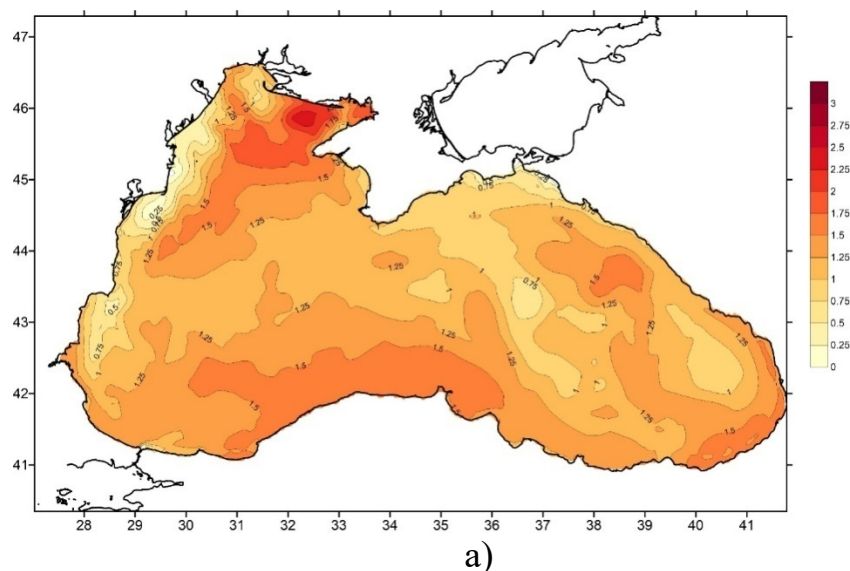
Рисунок 4.4, аркуш 2

Проведемо аналіз величин відхилень від кліматичних полів ТІМ, солоності та кисню за 2023 рік.

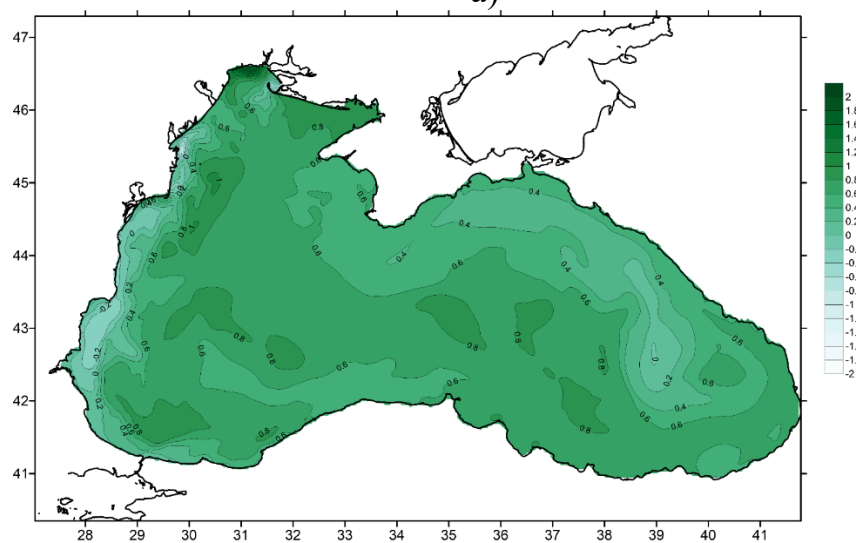
За кліматичні дані було прийнято середні значення параметрів для кожного місяця за період 1993 – 2022 рік.

Відхилення від кліматичних значень полів ТІМ, солоності та кисню у лютому 2023 р. показані на рисунку 4.5.

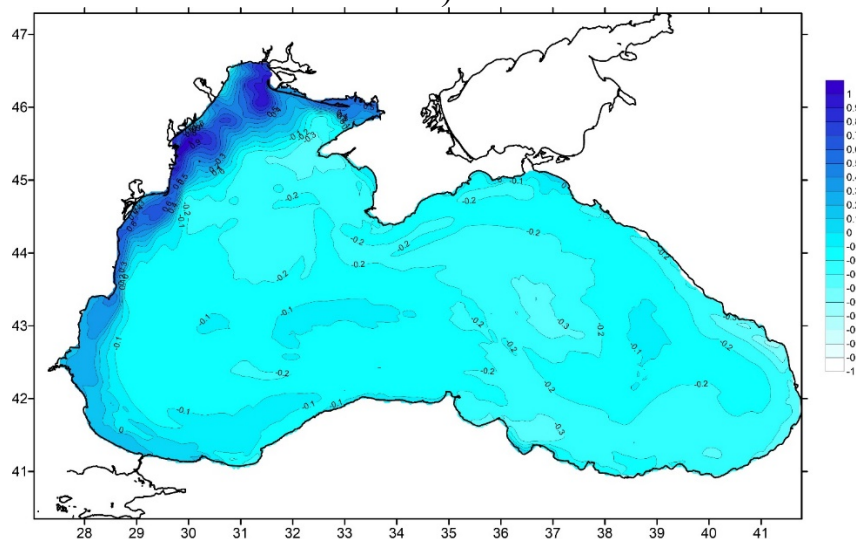
Для зимового періоду відхилення ТІМ для всієї акваторії Чорного моря від кліматичних значень (рис. 4.5 а) мають додатній характер. Мінімальні значення відмічаються у районах стоку річок: Дніпро-Бузький лиман – $0,8^{\circ}\text{C}$, Дністровський лиман – $0,7^{\circ}\text{C}$, район стоку р. Дунай – $0,2^{\circ}\text{C}$, у районі Керченської протоки – $0,3^{\circ}\text{C}$. Максимальне перевищення ТІМ над кліматичною спостерігається в районі Каркінітської затоки – $2,4^{\circ}\text{C}$. Також великі додатні відхилення від кліматичних значень спостерігаються уздовж південної частини моря – від $1,4^{\circ}\text{C}$ до $1,6^{\circ}\text{C}$. В центральній частині моря додатні значення ТІМ коливаються від $0,8^{\circ}\text{C}$ до $1,2^{\circ}\text{C}$.



а)



б)



в)

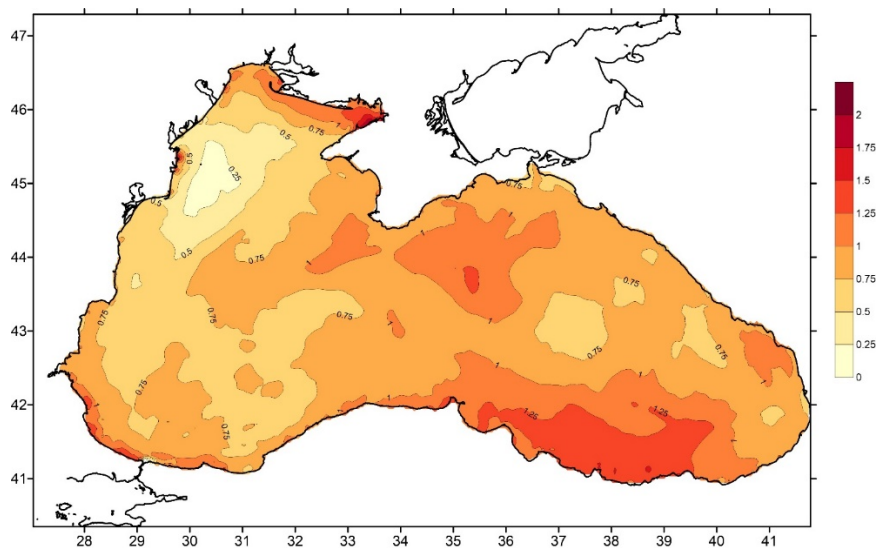
Рисунок 4.5 – Відхилення від кліматичних значень ТПО (а), солоності (б), кисню (в) у лютому 2023 р.

Відхилення солоності від кліматичних значень для зимового періоду (рис. 4.5 б) теж має додатній характер для всієї акваторії Чорного моря і коливається від 0,40 опс до 0,84 опс. Винятком є області ДБ і, особливо, району стоку р. Дунай, де відхилення носять від'ємні значення, обумовлені підвищеним стоком річок. Максимум від'ємних відхилень простягається уздовж узбережжя Болгарії до Босфору і досягає 0,34 опс.

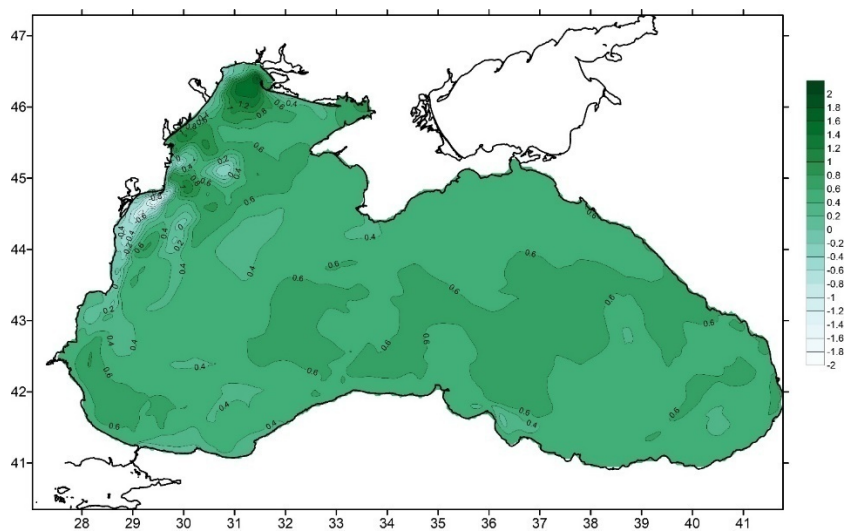
Відхилення вмісту кисню від кліматичних значень для зимового періоду (рис. 4.5 в) має від'ємний характер для всього ЧМ. Максимальні значення характерні для всієї Північно-Західної частини ЧМ і обумовлені зменшеним стоком річок регіону. Уся центральна частина ЧМ має від'ємний характер вмісту кисню в діапазоні між 0,1 мл/л – 0,2 мл/л. Додатні значення вмісту кисню простягаються вздовж узбережжя від Дніпро-Бузького лиману, Дністровського лиману та витоку вод Дунаю і простягаються до Босфору. Додатні значення мають діапазон від 0,0 мл/л до 1,0 мл/л, що вказує на збільшення витоку річок порівняно з кліматичними значеннями.

Для весняного періоду відхилення ТПМ від кліматичних значень мають додатній характер для всього Чорного моря (рис. 4.6 а) – діапазон відхилень в середньому від 0,6°C до 0,9°C. Максимальні додатні значення відхилень спостерігаються в районі Каркінітської затоки до 1,6°C, у південно-східній частині вздовж узбережжя Туреччини до 1,4°C. Мінімальні значення відхилення ТПМ від кліматичних розташовуються в районі стоку р. Дунай і досягають 0,0 °C - 0,1°C. В цілому для всього Чорного моря температура поверхні води в весняний період 2023 р. була вище від кліматичної.

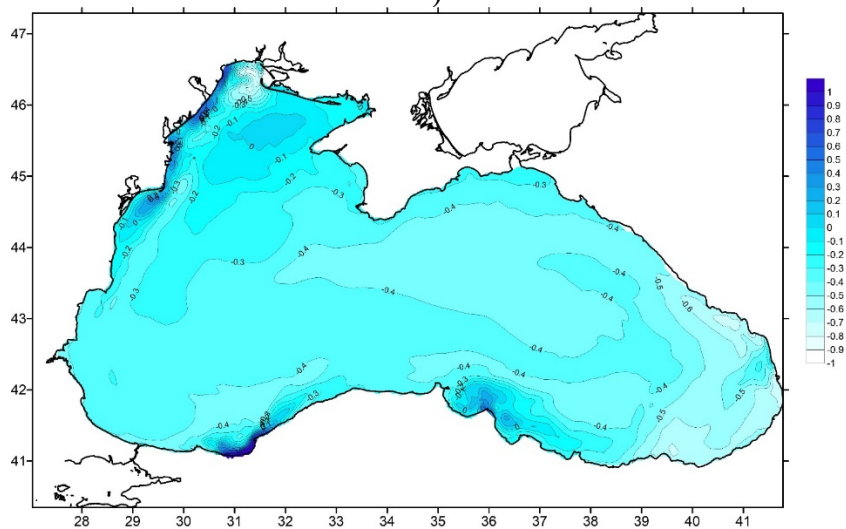
Відхилення солоності від кліматичних значень для весняного періоду (рис. 4.6 б) має додатній характер для всієї акваторії Чорного моря і в середньому коливається від 0,40 опс до 0,60 опс з окремими зонами, де відхилення досягають від 0,71 опс до 0,72 опс.



а)



б)



в)

Рисунок 4.6 – Відхилення від кліматичних значень ТПО (а), солоності (б), кисню (в) у квітні 2023 р.

Максимальні відхилення солоності спостерігаються мористіше області Дніпро-Бузького лиману і досягають 1,57 опс., у Каркінітській затоці – 0,82 опс і районі стоку р. Дунай, де додатні відхилення досягають 1,20 опс, що загалом вказує на падіння стоку річок відносно кліматичних значень. Мінімальні значення додатних відхилень простягаються вузькою полосою вздовж узбережжя від Дніпро-Бузького лиману, Дністровського лиману, району стоку р. Дунай і далі вздовж узбережжя Болгарії з діапазоном від 0,00 до мінус 0,51 опс. Максимальні величини від’ємні відхилення досягають мінус 1,30 опс.

Відхилення вмісту кисню від кліматичних значень для весняного періоду (рис. 4.6 в) має від’ємний характер для всього Чорного моря та коливається в діапазоні від 0,3 мл/л до 0,4 мл/л. Додатні відхилення відзначаються тільки вздовж узбережжя від Дніпро-Бузького лиману, Дністровського лиману та устя р. Дунай і досягають 0,56 мл/л і обумовлені стоком річок. Також додатні значення відхилень спостерігаються вздовж узбережжя Туреччини також в районах стоку річок, де досягають значень 1,08 мл/л.

Для літнього періоду відхилення ТПМ від кліматичних значень мають додатній характер майже для всього Чорного моря (рис. 4.7 а) з максимальними значеннями у східній частині моря до 1,3°C. В цілому просторовий розподіл відхилень по акваторії моря можна поділити на чотири частини. Це східна частини с максимальними відхиленнями більш ніж 1,3°C, частина від Дніпро-Бузького лиману і до західного узбережжя Криму зі значеннями до 1,5°C в Каркінітській затоці, західна частина моря зі значеннями відхилень від 0,2°C до 0,4°C і частина з від’ємними значеннями. Це узбережжя від Дністровської затоки до витоку р. Дунай з величинами відхилень від мінус 0,2°C до 1,0°C та великий район вздовж узбережжя Туреччини, де від’ємні значення досягають 2,5°C.

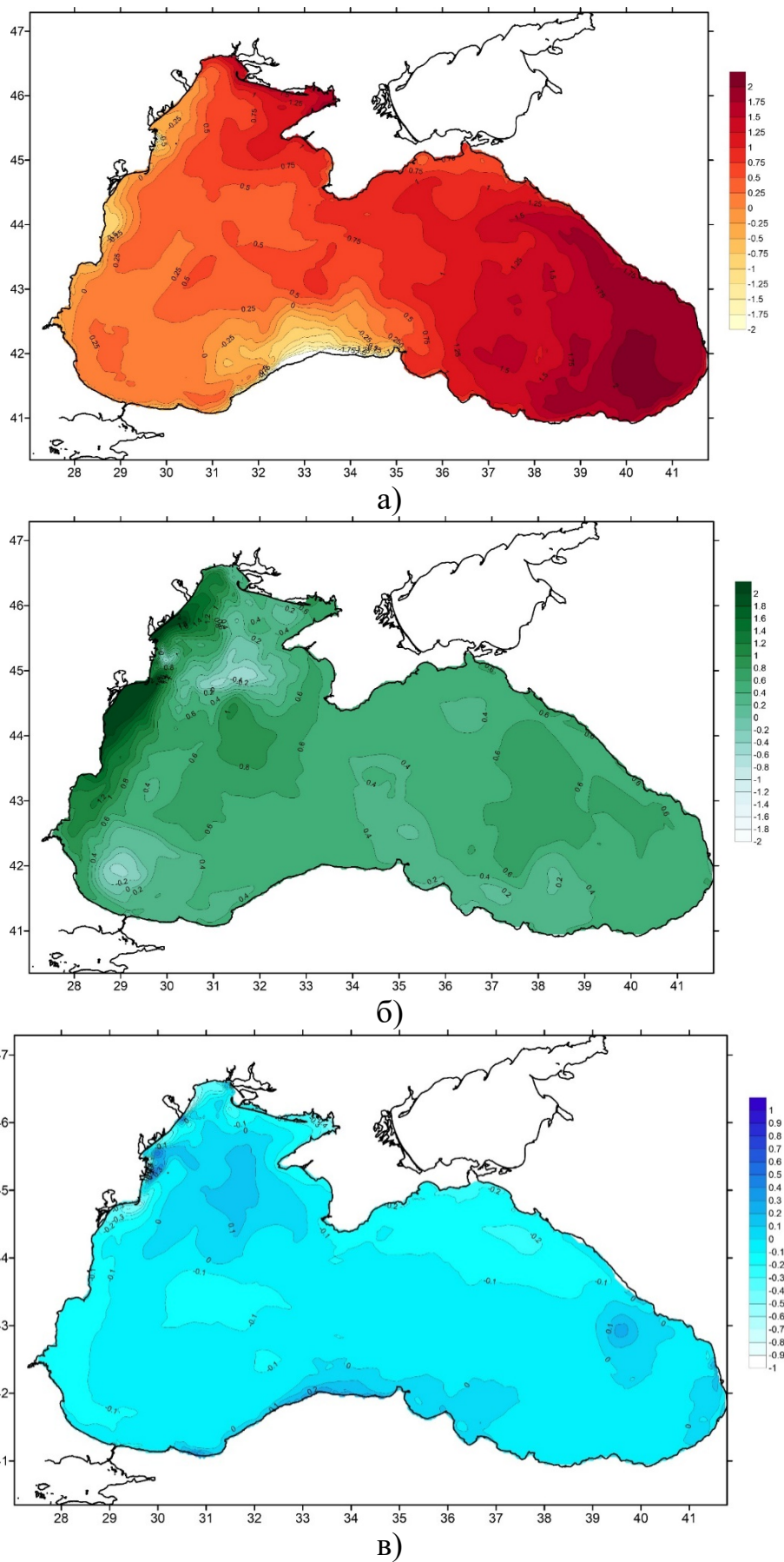


Рисунок 4.7 – Відхилення від кліматичних значень ТПО (а), солоності (б), кисню (в) у серпні 2023 р.

Відхилення солоності від кліматичних значень для літнього періоду (рис. 4.7 б) має додатній характер для всієї акваторії Чорного моря за винятком двох окремих районів поблизу протоки Босфор та центру Північно-Західної частини моря. Максимальні додатні відхилення простягаються від ДБ вздовж узбережжя до Дністровського лиману то витоку вод р. Дунай і досягають 2,78 опс. В районах від'ємних відхилень значення досягають 0,49 опс. Загалом, для всієї акваторії моря додатні відхилення мають діапазон від 0,40 опс до 0,60 опс.

Відхилення вмісту кисню від кліматичних значень для літнього періоду (рис. 4.7 в) має від'ємний характер для всього Чорного моря на рівні від 0,1 мл/л до 0,2 мл/л. Додатні значення відмічаються тільки в районах витоку вод Дніпро-Бузького лиману 0,14 мл/л, Дністровського лиману 0,31 мл/л та р. Дунай – 0,40 мл/л. Також додатні значення відмічаються вздовж узбережжя Туреччини в містах витоку рік і досягають 0,34 мл/л.

Для осіннього періоду відхилення ТПМ від кліматичних значень мають додатній характер майже для всього ЧМ (рис. 4.8 а) з максимальними значеннями у західній та південно-західній частині моря. Максимальні значення простягаються від Каркінітський затоки, де перевищення над кліматичними значеннями досягає 2,2°C, далі - Дніпро-Бузький лиман – 3,0°C, Дністровський лиман – 3,0°C, виток р. Дунай – 3,1°C, вдовж узбережжя Румунії та Болгарії до протоки Босфор – 2,9°C. Східна частина моря окреслена додатною ізотермою 1,0°C. Від'ємний характер відхилення ТПМ від кліматичних значень розташовується у вигляді ядра у східній частині моря та досягає 0,9°C. Взагалі, характерні додатні величини кліматичних відхилень для західної частини моря коливаються від 1,4°C і до 2,9°C, а для східної частини ці величини складаються від 1,0°C і до від'ємних 0,9°C.

Відхилення солоності від кліматичних значень для осіннього періоду (рис. 4.8 б) має додатній характер для всієї акваторії Чорного моря за винятком досить великої зони в ПнЗ частині Чорного моря.

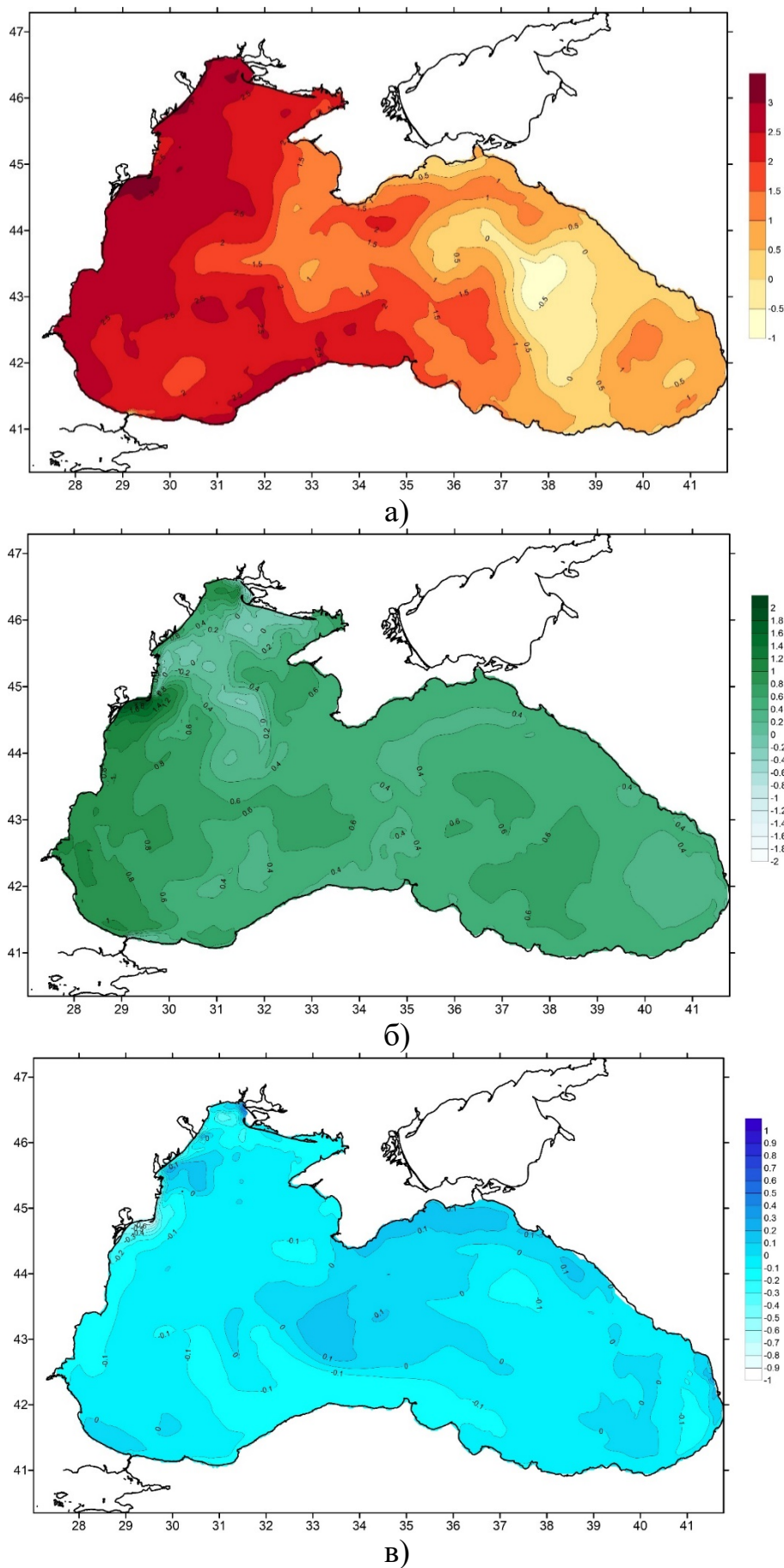
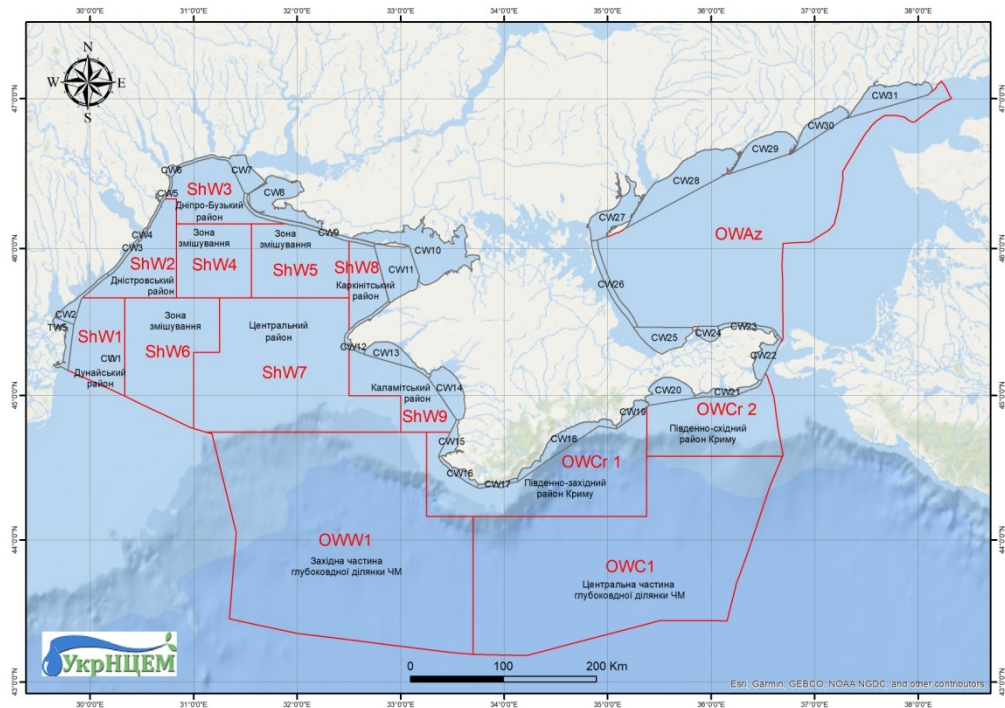


Рисунок 4.8 – Відхилення від кліматичних значень ТПО (а), солоності (б), кисню (в) у жовтні 2023 р.

Зона від'ємних значень відхилень солоності займає велику область по центру ПнЗ частини моря і досягає 0,22 опс. Основну частину ЧМ займають води з додатними відхиленнями від кліматичних від 0,6 опс до 0,7 опс, максимума спостерігаються в області Дніпро-Бузького лиману – 0,82 опс, Дністровського лиману – 0,55 опс та р. Дунай – 1,95 опс. Додатні відхилення для всього моря вказують на підвищення солоності відносно кліматичних значень для осіннього періоду 2023 р.

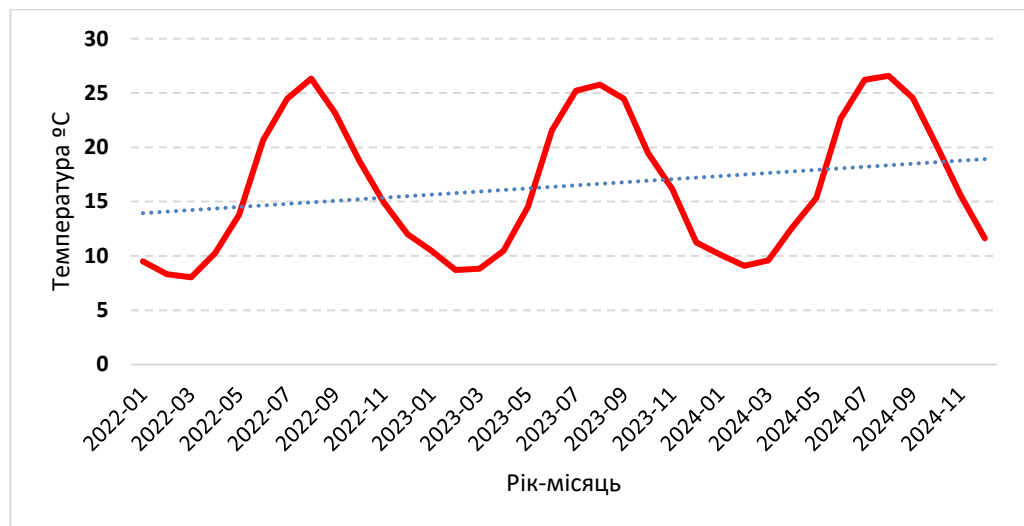
Відхилення вмісту кисню від кліматичних значень для осіннього періоду (рис. 4.8 в) має від'ємний характер для всього ЧМ та коливаються в діапазоні від 0,00 мл/л до 0,10 мл/л. Максимальні значення характерні для всієї Північно-Західної частини Чорного моря і обумовлені зменшеним стоком річок регіону. Додатні значення відхилень простежуються тільки в районах ДБ – 0,29 мл/л, Дністровського лиману –0,15 мл/л та в районі витоку р. Дунай – 0,25 мл/л. Додатні значення вмісту кисню для осіннього періоду відзначаються від Керченської протоки та вдовж східного узбережжя Криму – 0,14 мл/л.

На графіках рисунків 4.10, 4.11 та в таблиці 4.2 показано середньомісячну та середньорічну мінливість температури та солоності поверхневого шару води в центральному (OWC1) та західному (OWW1) районах ЧМ. Райони вибиралися згідно з картою екологічного районування Чорного та Азовського морів (рис. 4.9).



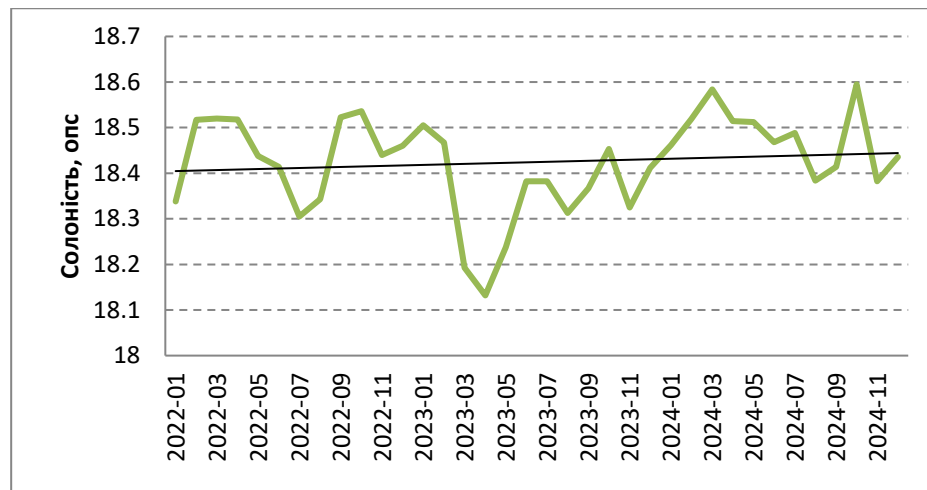
- Примітка 1. CW - (Coastal Waters) прибережні води.
 Примітка 2. ShW - (Shelf Waters) ділянки морського шельфу.
 Примітка 3. OW - (Open Waters) ділянки відкритого моря.
 Примітка 4. TW- (Transit Waters) ділянки транзитних вод.

Рисунок 4.9 – Районування Чорного та Азовського морів



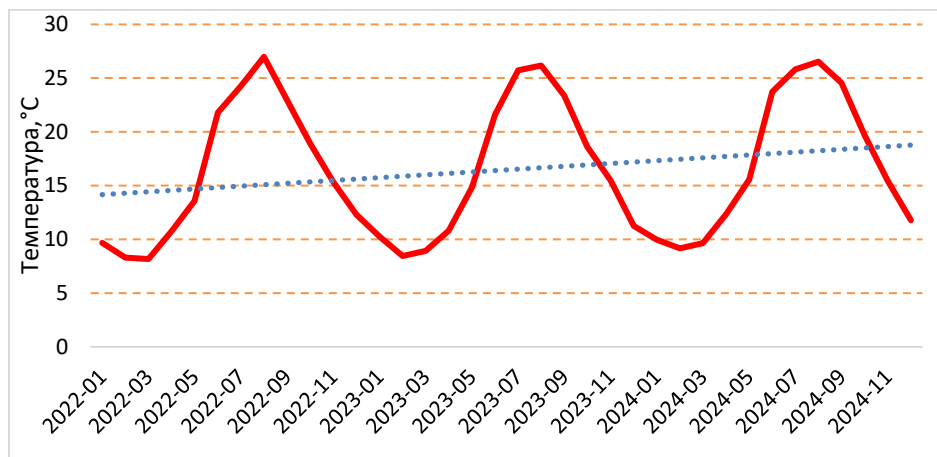
а)

Рисунок 4.10 – Середньомісячна мінливість температури (а) та солоності (б) поверхневого шару Чорного моря в районі OWW1 2022-2024

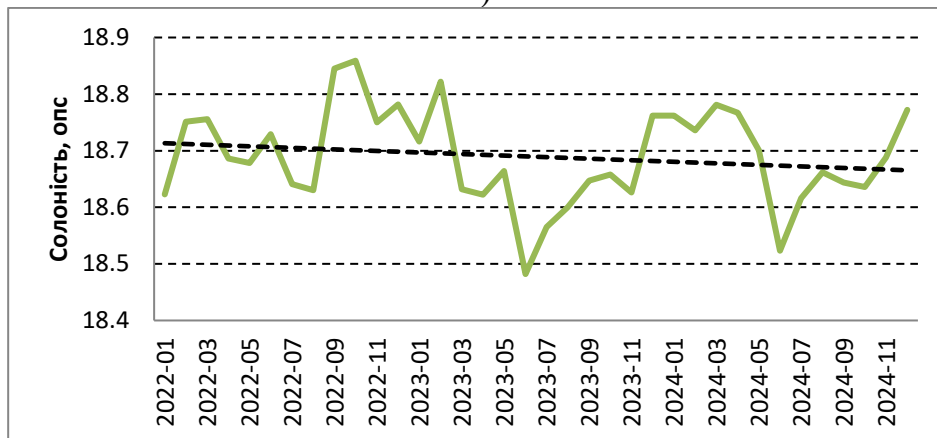


б)

Рисунок 4.10, аркуш 2



а)



б)

Рисунок 4.11 – Середньомісячна мінливість температури (а) та солоності (б) поверхневого шару Чорного моря в районі OWC1 2022-2024

Таблиця 4.2 – Середньорічні значення температури та солоності поверхневого шару Чорного моря в районах OWC1 та OWW1 за період 2022-2024

Рік	Температура, °C		Солоність, опс	
	OWC1	OWW1	OWC1	OWW1
2022	16.09	15.85	18.73	18.45
2023	16.29	16.41	18.65	18.35
2024	17.02	17.01	18.69	18.48
Середнє значення	16.45	16.42	18.69	18.42

На графіках тимчасової мінливості ТПМ добре проявився сезонний перебіг та позитивний лінійний тренд (рис. 4.11). Значення ТМП в обох районах близькі між собою та змінювалися в межах від 8.0°C до 27.0°C.

За останні три роки величина середньорічної температури значно зросла: у західному районі на 0.93°C, у центральному на 1.16°C (табл. 4.2) Солоність змінювалася в незначних межах. Лінійні тренди районів, мають протилежні знаки, але за своїм значенням несуттєві. У тимчасовій мінливості значень солоності так само помітний, хоч і не так явно, як у ТПМ, квазі сезонний перебіг. У холодну пору року значення солоності в районах вище ніж у теплий період року. Протягом усього аналізованого періоду середньорічна солоність західного району була нижчою від солоності центрального на величину порядку 0.27 опс.

Робимо висновки, що для 2023 року розподіл ТПМ та солоності для всього Чорного моря носить додатний характер. Розподіл вмісту кисню для всіх сезонів - від'ємний. Зростання ТПМ викликало зростання солоності та зменшення рівня кисню для акваторії Чорного моря. ТПМ та солоність верхнього шару води, порівняно з кліматичними значеннями, зросла для всієї акваторії Чорного моря. Насиченість киснем верхнього шару води порівняно з кліматичними значеннями зменшилась для всього Чорного моря. Для всіх параметрів, не залежно від сезонів, виділяються зони витоку річок з максимальними відмінами від середнього фону моря.

5 ГІДРОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ГЛИБОКОВОДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ У 2024 РОЦІ ЗА ДАНИМИ БУЇВ ARGO.

З 2005 року у ЧМ стали використовуватися високоточні дані скануючих по вертикалі та вільно пересуваючись по акваторії моря буїв профілемерів глобальної міжнародної програми «Argo». Усього за період з 14.03.2005 по 30.11.2024 рр. у ЧМ було запущено 55 буїв, з них 10 відпрацювали рік або менше, 14 буїв проіснували 2-3 роки, 8 – від 3 до 5 років. Інформація від кожного буя надходила після виконання чергового зондування, з інтервалом переважно 5 діб, рідше 10 діб.

Загальний вигляд та принципова схема роботи буя Argo представлені на рисунках 5.1 та 5.2.



Рисунок 5.1 – Один з буїв проекту Argo (animalworld.com.ua/news/)

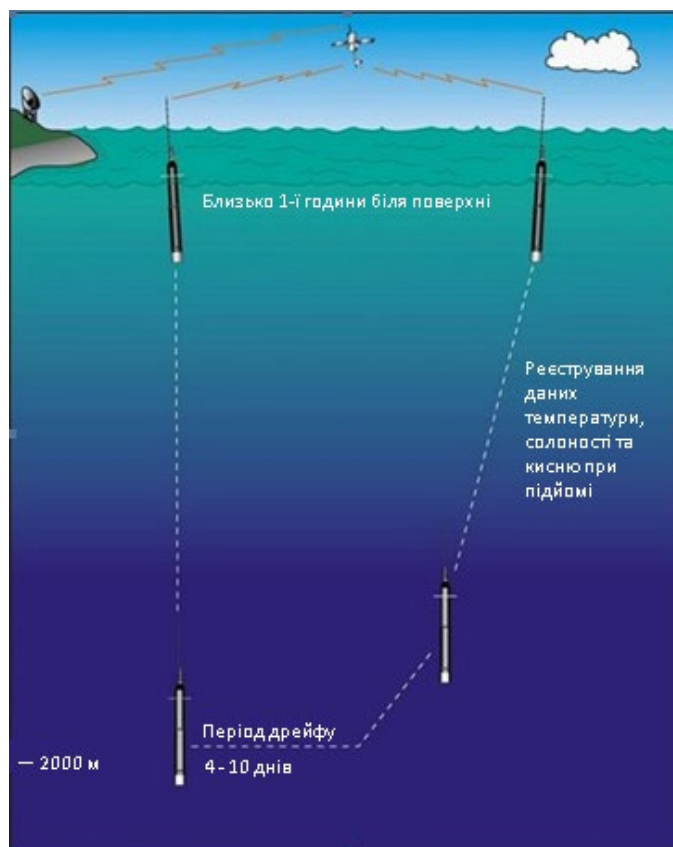


Рисунок 5.2 – Принципова схема роботи буя Argo

Детальна робота пірнаючих буїв проекту «Argo» описана на сайті: <https://argo.ucsd.edu/>.

Усього за весь період спостережень буями Argo у ЧМ виконано 9585 зондувань. На рисунках 5.3, 5.4 показано просторовий розподіл океанографічних станцій, отриманих буями профілемерами Argo за 20-ти річний період роботи.

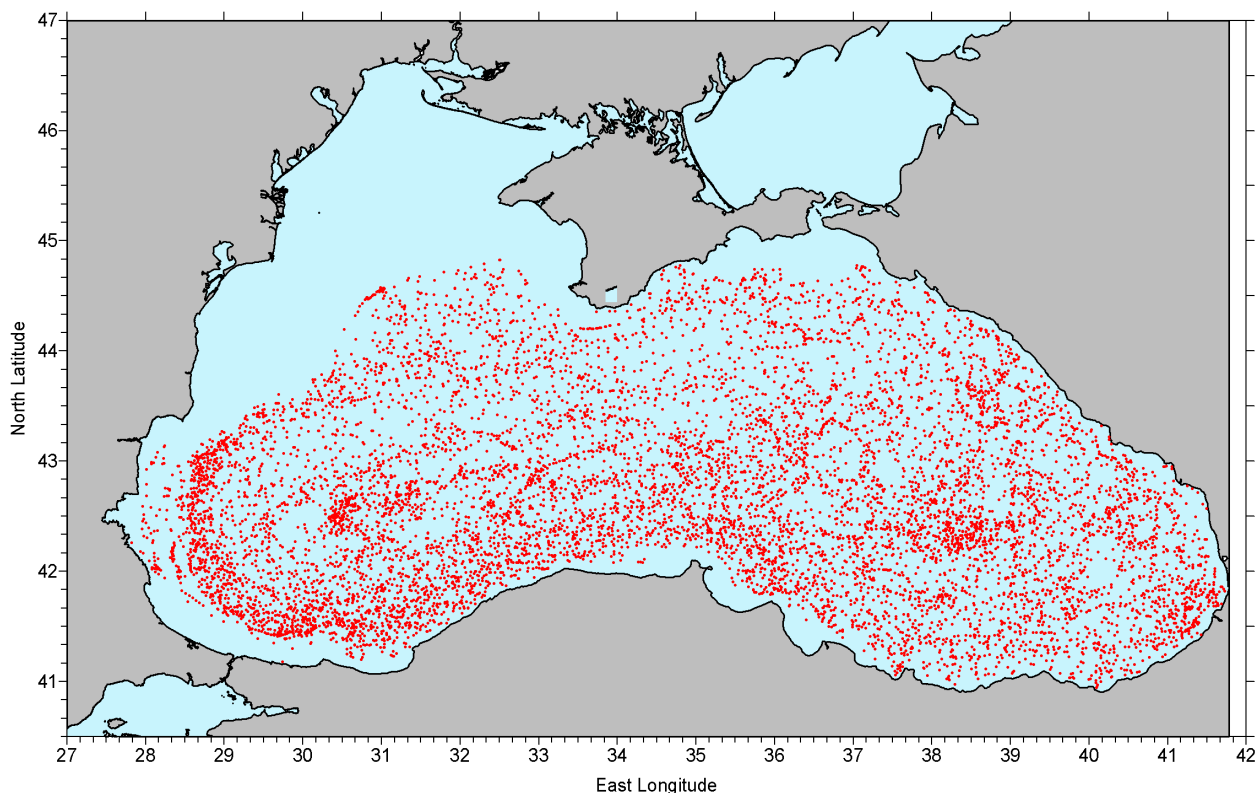
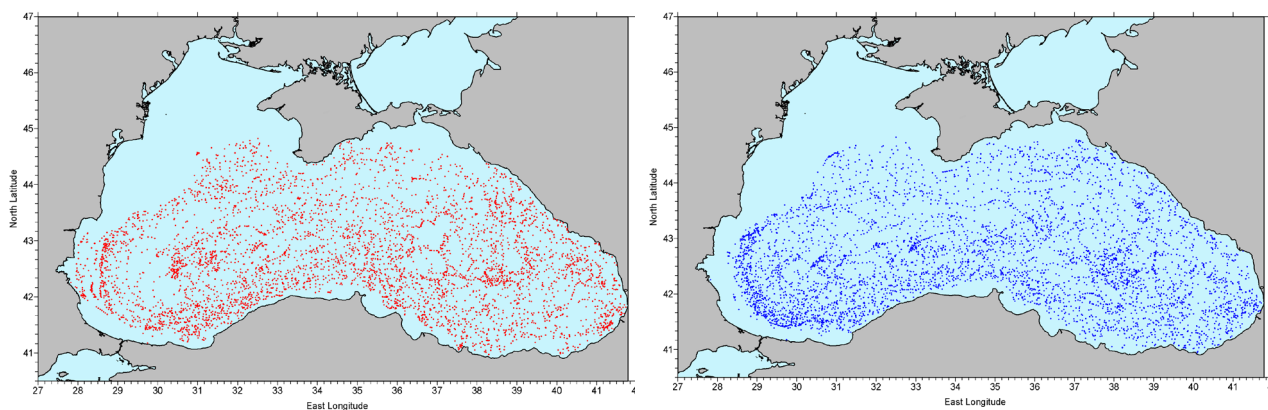


Рисунок 5.3 – Розподіл океанографічних станцій у Чорному морі, виконаних буями профілемери Argо за період з 14.03.2005 р. по 31.12.2024 р.



а

б

Рисунок 5.4 – Розподіл океанографічних станцій у Чорному морі, виконаних буями профілемери Argо з 14.03.2005 р. по 31.12.2024 р. у тепле півріччя (а), холодне півріччя (б)

У ЧМ виділяються два великі центральні циклонічні круговороти у східній та західній його частинах. Це добре видно на малюнку 5.3 зі згуртування станцій у цих районах. Такий просторовий розподіл станцій

спостерігається в теплий період (рис.5.4 а). З настанням холодів західний циклонічний кругообіг проявляється не так помітно. Така гідродинамічна структура визначає глибини залягання основних океанографічних параметрів, які збільшуються від центру кругообігу до периферії [8].

В 2024 году в ЧМ працювали 16 буїв. Загальні відомості про буї, що працювали в 2024 року наведено у таблиці 3.2

Таблиця 5.1 – Реєстр буїв програми Argo, які працювали в Чорному морі в 2024

NN за нумер. буїв	NN поста новки	Номери буїв ARGO	Кіл-ть станцій	Дата початку роботи	Дата кінця роботи	Часова діскр., доба	Вимір. параметри	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	51	1902575	031	30.11.2023	23.11.2024	10	T S	
2	44	3902004	188	21.10.2021	21.09.2024	5	T S O	С 01.06-2024 брак солоності
3	45	3902005	212	22.10.2021	22.10.2024	5	T S O	С 10.01-2024 брак солоності
4	47	3902006	058	07.11.2022	24.12.2024	10	T S	
5	52	3902461	030	14.12.2023	16.12.2024	10	T S	
6	48	4903711	046	11.05.2023	27.12.2024	10	TS H2S	С 02.02-2024 брак в сірководні
7	46	5906866	067	03.11.2022	09.12.2024	10	T S	
8	38	6903271	387	01.10.2019	15.08.2024		T S	
9	39	6903766	322	02.12.2019	18.08.2024		T S	
10	41	6903782	252	23.07.2020	17.02.2024		T S	
11	42	6903866	225	22.11.2020	05.11.2024	10	T S	
12	43	6903867	225	19.11.2020	05.11.2024	5	T S O	Нема кисню- с 09.2024
13	54	6990663	006	16.07.2024	28.11.2024		T S O	
14	37	7900595	186	01.09.2019	20.11.2024	10	TS	
15	49	7901065	052	15.05.2023	20.12.2024	10	T S H2S	С 05.02-2024 брак в сірководні
16	53	7902191	011	20.06.2024	22.11.2024		T S O	

Примітка 1. Червоним кольором виділено дані буїв, що працювали до кінця 2024 року.

Повний реєстр "чорноморських" буїв Арго за весь період роботи вміщено у додатку А.

У 2024 траєкторії руху буїв проходили вздовж південного узбережжя та у центральній і південно-східній частинах моря (рис. 5.5).

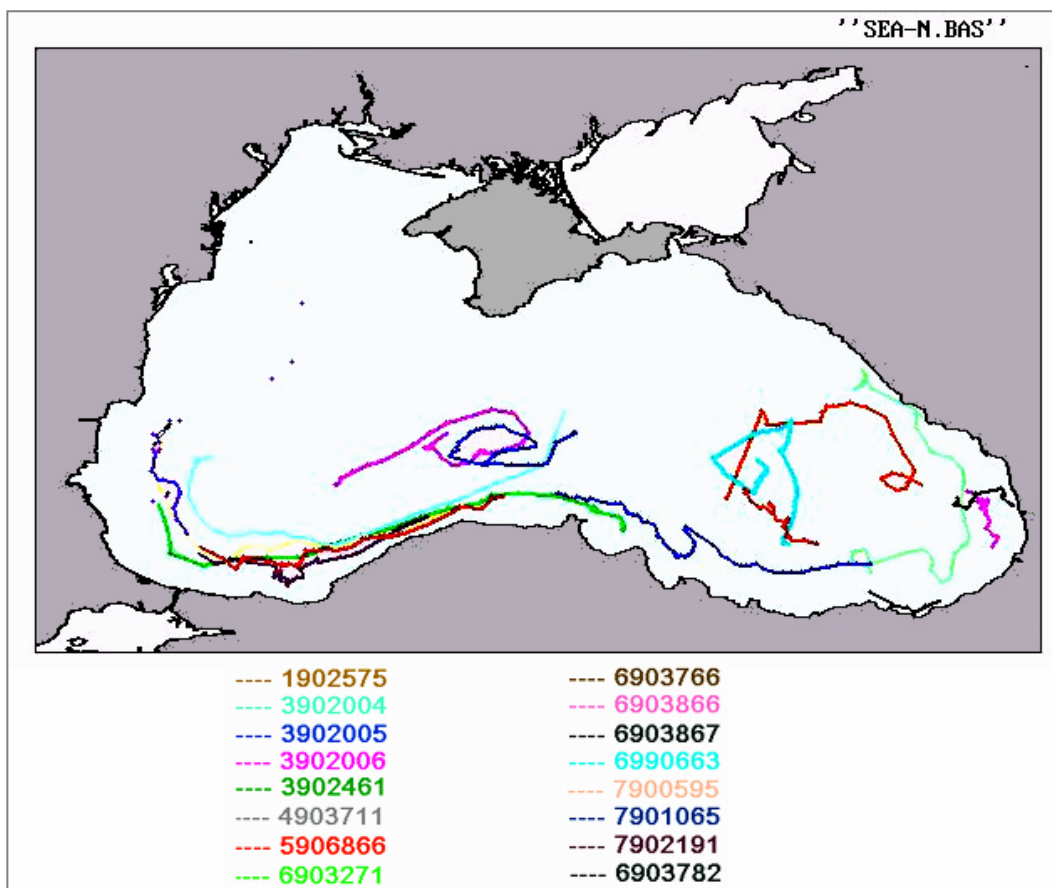


Рисунок 5.5 – Траєкторії буїв Argo, які працювали у Чорному морі у 2024р.
номери буїв вказані у легенді

П'ять із шістнадцяти буїв були укомплектовані датчиками кисню, на двох буюх були встановлені датчики сірководню. На жаль дані датчиків сірководню з лютого 2024 року були забраковані. Проте у нас була можливість оцінки глибини розташування нижньої межі оксикліну, і початку субкисневої зони, яка визначалась по глибині вод, де концентрація розчиненого кисню зменшувалася до 20 $\mu\text{моль/л}$ при якій значно падає активність аеробного життя. В [9] показано, що в тих випадках коли датчик сірководню вийшов з ладу або відсутній у наборі, для оцінки глибини залягання верхній межі сірководневої зони можна використовувати рівняння лінійної регресії.

$$X = 0.95Y + 53,2$$

X – глибина залягання шару води з концентрацією сірководню 3 $\mu\text{моль/кг}$

Y – глибина залягання шару води з концентрацією кисню 20 $\mu\text{моль/кг}$

Рівняння отримано для квазіоднорідної гідрологічної структури без урахування відхилень, викликаних впливом вихрових утворень. Таким чином, знаючи глибину залягання вод з концентрацією кисню 20 $\mu\text{моль/кг}$, можна оцінити глибину верхньої межі анаеробної зони. Зауважимо, що на ділянках з активними динамічними процесами товщина субкисневої зони може коливатися від 13 м до 80 м зменшуючись у районах знаходження локальних антициклоніальних структур.

5.1 Нижня межа кисневої зони в Чорному морі за даними буя Арго № 3902005 за період 21.10.21 по 21.09.24

На малюнку 5.6 показано траєкторію руху буя № 3902005 оснащеного датчиком кисню. Далі на рисунку 5.7 наведено графік глибини залягання шару води з концентрацією кисню 20 $\mu\text{моль/кг}$ за даними цього буя.

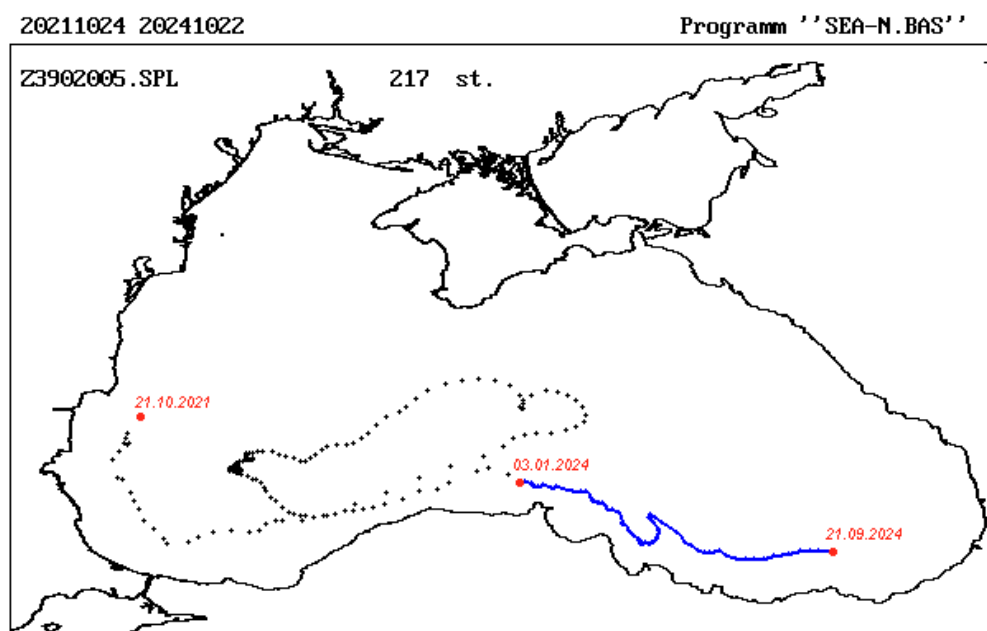


Рисунок 5.6 – Траєкторія руху буя Argo № 3902005 за період 21.10.2021– 21.09.2024

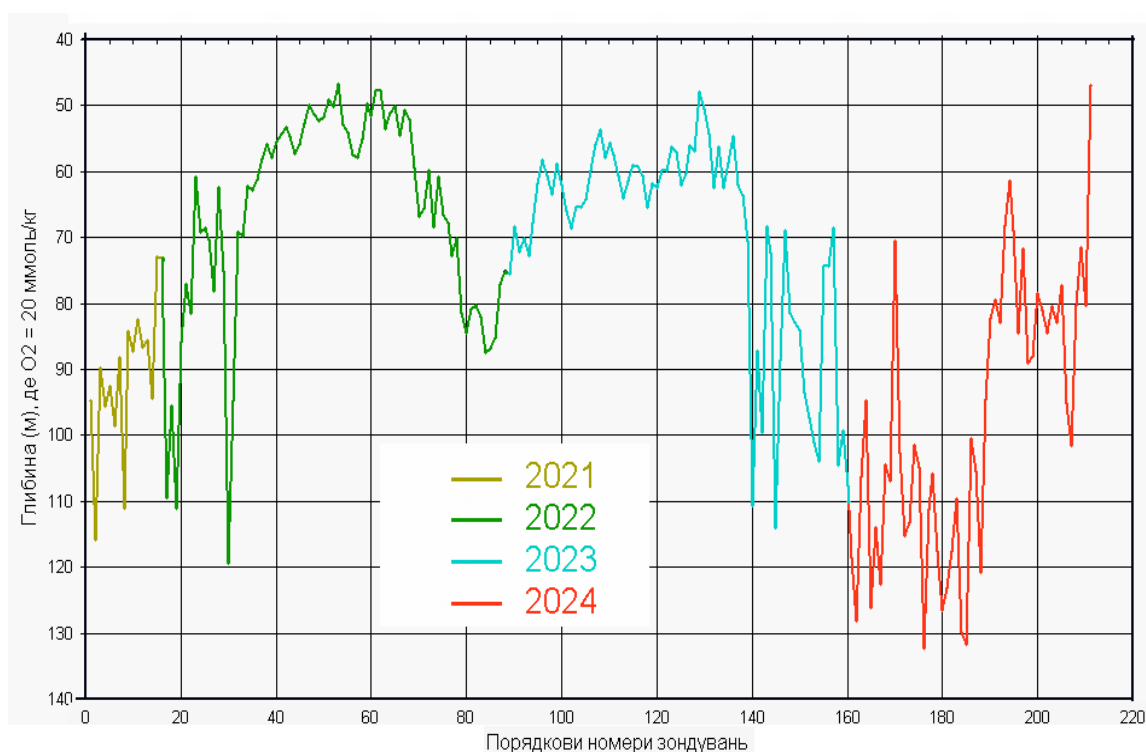


Рисунок 5.7 – Глибина залягання шару води з концентрацією кисню 20 за даними буя Argo № 3902005 за період 21.10.2021– 21.09.2024

Буй був запущений 21 жовтня 2021 року в районі мису Каліакра, звідти він почав дрейфувати на південь до Босфору. На півдні, буй потрапив у зону конвергенції, де водна товща в шарі 200-600 м періодично містить інтрузії вод активного перемішування в протоці Босфор, що викликає різкі коливання глибин усіх гідрофізичних параметрів, у тому числі і нижньої межі аеробної зони [10].

Найчастіше це відбувається за впливу сильних південних вітрів. Далі буй продрейфував вздовж південного узбережжя і увійшов до зони впливу західного циклонічного кругообігу. Глибина шару 20 $\mu\text{моль/кг}$ у цьому районі зменшилася до 50-60 метрів. У липні 2023р. буй почав зміщуватися на південь до Анатолійського узбережжя і далі, в потоці ОЧТ, продовжив дрейф на схід. У цьому районі середня глибина залягання шару 20 $\mu\text{моль/л}$ помітно збільшилася до позначки 90 метрів. У районі енергетично активної зони у мису Синоп знову спостерігається зменшення глибини залягання нижньої межі кисневого шару до 45 метрів. У серпні, вересні 2024 року буй вже

увійшов до південно-східної акваторії ЧМ, де потрапив під вплив антициклональних вихрив внаслідок цього глибина кисневого кордону зазнала значних коливань від 70 до 155 метрів. Загалом нижня межа кисневої зони ЧМ за даними буя 3902005 для районів його прямування в період жовтень 2021 – вересень 2024 р. знаходилася в межах кліматичних коливань [11].

5.2 Стан вод холодного проміжного шару Чорного моря за даними буїв «Argo» у період 2005-2024 рр.

У вертикальній термохалінній структурі Чорного моря виділяється підповерхнева водна маса – холодний проміжний шар (ХПШ). Це шар з мінімальною температурою води, який знаходиться між поверхневою та проміжною водними масами. Раніше загальноприйнятим критерієм, що визначає межі ХПШ, була ізотерма 8°C [12]. Починаючи з 2009 року, середні по всьому морю екстремальні температури ХПШ стали в переважній більшості випадків перевищувати значення 8°C і вищеописаний критерій визначення меж холодного шару став не репрезентативним. За період із 2009 по 2024 роки, лише у трьох випадках у 2012, 2013 та 2017 рр., за відносно холодних зим, води ХПШ формувалися з температурою нижче 8°C . (табл. 5.2)

Таблиця 5.2 – Щорічні середні характеристики вод ХПШ відкритого моря та сума добових температур повітря $< +5^{\circ}\text{C}$

Роки	Кількість Зондувань буїв ARGO	Глибина Т мін.	Температура води в ядрі ХПШ (мінімальна)	Солоність Води у шарі мінімуму. температури	Сума добових температур повітря $< +5^{\circ}\text{C}$
2005	050	47.7	7.422	18.534	-444
2006	078	53.6	7.034	18.534	-725
2007	085	68.0	7.601	18.706	-239
2008	071	60.5	7.703	18.635	-432
2009	027	48.8	7.993	18.687	-349
2010	115	75.4	8.206	19.123	-563
2011	206	54.4	8.042	18.716	-560
2012	201	58.3	6.858	18.524	-582
2013	223	68.6	7.791	19.030	-412
2014	418	80.9	8.212	19.517	-399
2015	339	68.5	8.325	19.112	-427
2016	392	61.5	8.423	18.956	-306
2017	390	57.1	7.538	18.735	-553
2018	384	64.3	8.102	18.851	-392
2019	209	61.1	8.317	18.880	-408
2020	276	80.8	8.624	19.590	-148
2021	261	73.1	8.667	19.480	-346
2022	588	60.8	8.247	19.290	-335
2023	600	68.8	8.450	19.330	-230
2024	491	146.5	8.820	20.820	-174

Примітка 1. У розрахунках використовувалися дані скануючих буїв ARGO та CTD-зондування 3-х рейсів R/V “Mare Nigrum” (Румунія), а також дані ГМС «Одеса-Порт».

Примітка 2. Опосередкування характеристик зроблено за теплими півріччями (травень-жовтень) у період 2005 – 2024 рр.

За проаналізований 20-ти річний період відзначалися три періоди щодо холодних зим (табл. 5.2, рис. 5.8 а), коли в результаті вертикальної конвекції та адвективного переміщення відбувалося виражене формування «нових», холодніших, ніж у попередні роки, вод ХПШ . Це 2006; 2010-2012 (зі слабким екстремумом у 2012 р); та 2017 рік (рис. 5.8 б). У ці роки спостерігалася локальні мінімуми солоності води у ядрах ХПШ, відповідно 18.53, 18.52 і 18.73‰ (рис. 5.8 г).

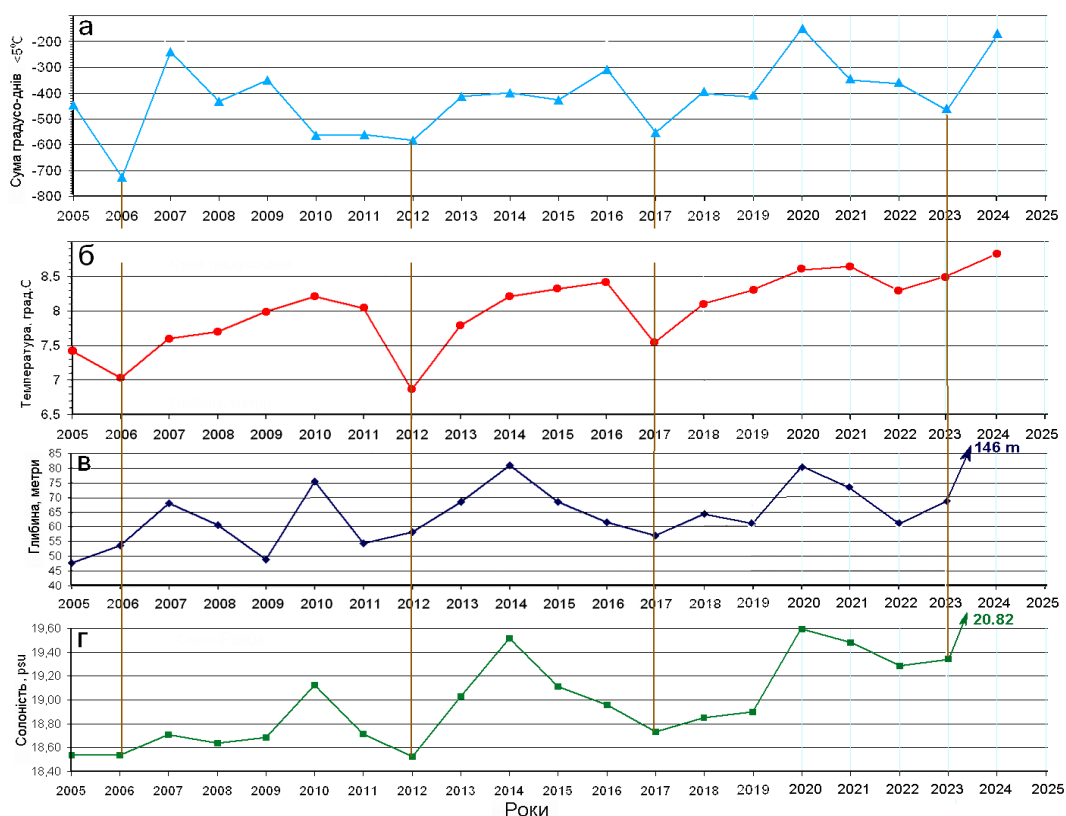


Рисунок 5.8 – Міжрічні зміни суми середньодобових температур (а) та параметрів ХПШ: екстремальної температури в ядрі (б), глибини залягання ядра (в), солоності води у ядрі (г)

У періоди кількох теплих зим (у нашому випадку 2007–2009 та 2013–2016 рр.), що йдуть поспіль, коли не відбувалося активного формування холодних проміжних вод, екстремально низька температура вод проміжного шару поступово підвищувалася, в середньому, на 0.1–0.4°C. рік. Відбувається це під дією внутрішньо хвильового, дрібномасштабного та дифузійного перемішування з теплішими водами нижчележачого, а влітку і вищележачого шарів.

Міжрічні зміни глибин залягання ядер ХПШ (рис.5.8 в) добре узгоджуються з мінливістю солоності, але дещо гірше з іншими з розглянутих величин. Глибина залягання ХПШ залежить не так від інтенсивності зимового формування вод, як від того, де, в якій динамічній зоні були отримані дані для опосередкування. Якщо просторове положення буїв більшою мірою відповідало зонам конвергенції, то середня глибина

проміжного шару буде більшою, якщо дивергенції, то значно менше. Природно, що найточніші оцінки аналізованих величин може бути отримані лише умовах наявності стаціонарних у просторі пунктів спостережень, що покривають все море.

Як сказано вище, у 2009 році відзначався перший випадок перевищення середньої температури води в ядрі ХПШ вище за значення 8°C . У наступні роки цей факт стає нормою. Він зрідка порушується, але навіть після холодних, а нормальних за температурним режимом зимових атмосферних умов. Графік сумарних зимових температур повітря за даними ГМС «Одеса порт» за більш ніж 130-річний період із градаціями ступеня суворості зимових умов наведено у розділі 2 (рис. 2.8) цього звіту, а джерелом є [13].

Сумарна річна величина середньодобових температур повітря в Одесі менших за значення $+5^{\circ}\text{C}$ у холодне півріччя 2023-2024 рр. становила величину 17.4°C , що дуже близько до абсолютного мінімуму цієї оцінки за весь період інструментальних спостережень. .

Від зими до літа, залежно від району моря та глибини положення ХПШ відбувається щорічне підвищення екстремальних температур на величину від $+0.05^{\circ}\text{C}$ до 0.25°C . При недостатньо активному зимовому формуванні холодних проміжних вод їх температура до кінця літнього сезону може підвищуватися настільки, що вже не є на вертикальному профілі мінімальної. Мінімум температури зміщується в більш глибокі шари моря, в область головного пікнокліну, куди доступ тепла від поверхні моря значно утруднений. Це вже зовсім не той холодний шар, що щорічно формується за рахунок зимового конвективного перемішування, а дуже слабкі залишки глибинних вод, трохи холодніших за оточуючі. Вони сформовані під впливом низької температури ХПШ попереднього кліматичного періоду.

На рисунку 5.9 представлені два вертикальні профілі температури води виконаних у різний час 2024 року. Світлий (червоний) профіль отриманий на станції, виконаний у середині календарної зими та має яскраво виражене ядро

холодного проміжного шару зі значенням температури 8.679°C . Другий темний (синій) профіль відноситься до станції, виконаної в середині осені цього ж року і не має сформованого в поточному році ХПШ, а шар мінімальної температури знаходиться далеко внизу, на глибині 247 м в нижній найбільш інтенсивній частині основного галокліну ЧМ.

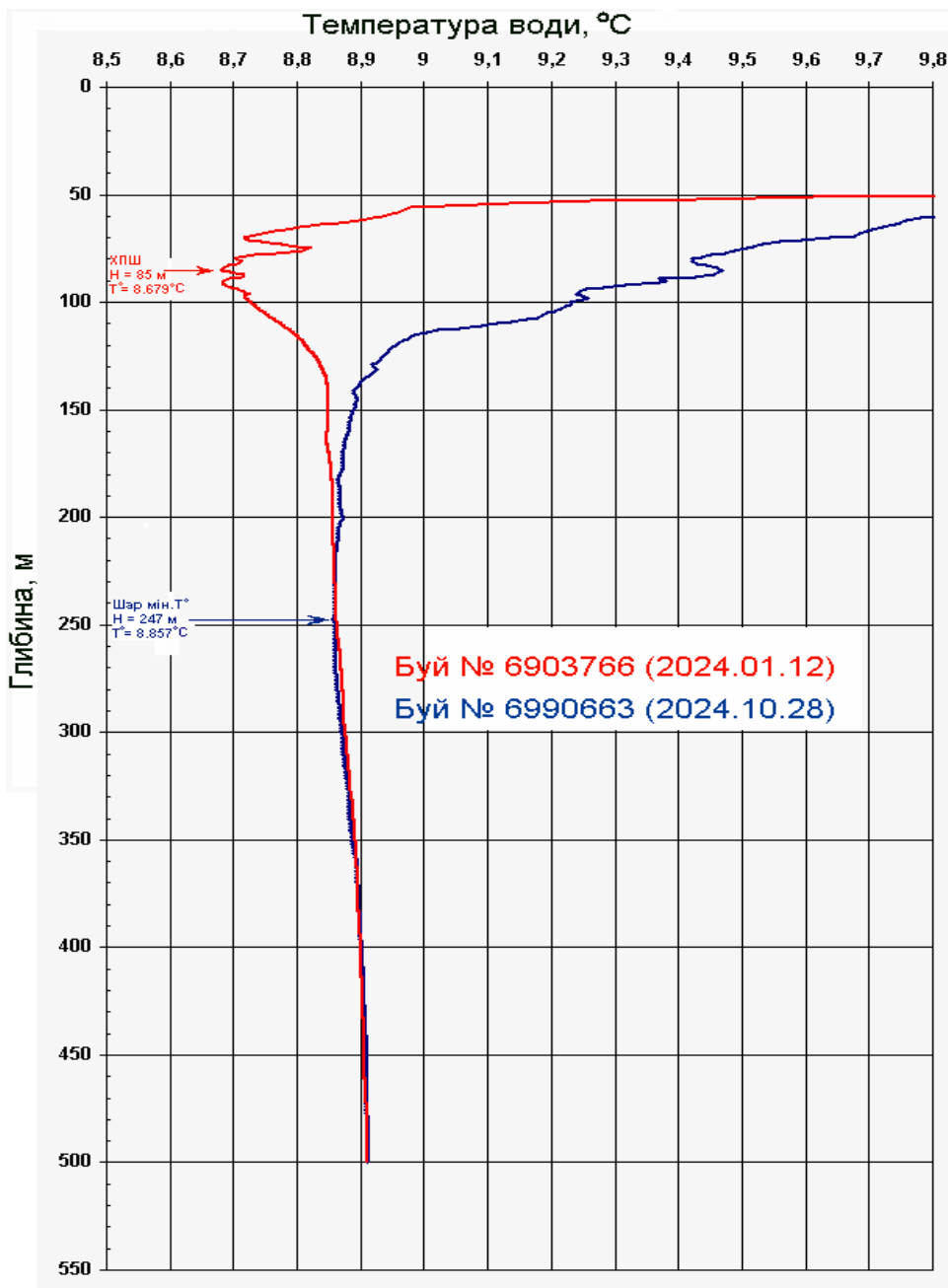


Рисунок 5.9 - Вертикальні профілі температури води 2024 року.

При продовженні настільки вираженого кліматичного переходу (потепління клімату) на нашій планеті, ХПШ у Чорному морі епізодично з'являтиметься в зимові періоди року у своєму звичайному розташуванні -

над основним галокліном моря. Але найчастіше він виявлятиметься у вигляді описаного, дуже плавного і незначного, глибшого по вертикалі мінімуму температури води в середині основного галокліну. Мінімум матиме іншу природу, і його становище вже не відповідатиме межам «старого» проміжного шару.

Як було сказано, раніше, верхню та нижню межі ХПШ, як правило, визначали за глибиною верхнього та нижнього положення ізотерми 8°C . В даний час той шар практично зник і має сенс говорити про холодний кліматичний шар, який умовно можна відокремити зверху і знизу ізотермою 8.9°C .

Можна припустити що, через кілька десятків років зникне і цей шар, бо лише епізодично буде підживлюватись рідкісними затоками щодо холодних вод помірних зим у ділянку «старого» ХПШ.

З усього вище сказаного випливає, що Холодний проміжний шар донедавна можна було розглядати як інтегральний гідрологічний показник процесів, що визначають характеристики проміжних вод у ЧМ. Він формується за рахунок декількох механізмів, відносна ефективність та значущість яких змінюється у різні роки та десятиліття залежно від гідрометеорологічних умов та характеристик термохалінної стратифікації вод. Характеристики вод ХПШ, визначені у тепле півріччя, суттєво залежать від ступеня суворості попередніх зимових умов. У м'які зими зазвичай відбувається лише часткове оновлення проміжних вод, та його обсяг зменшується. У суворі зими відбувається їх повне та повсюдне оновлення, величина заглиблення та обсяги збільшуються. В результаті кліматичних змін характеристики ХПШ змінюються внаслідок двох основних причин. По-перше, на умови формування та характеристики ХПШ впливає змінна інтенсивність конвективного перемішування та стоку рік. По-друге, важливу роль відіграє мінливість вертикальної структури вод, що піддаються трансформації, і насамперед кліматичні тенденції вертикальної стратифікації.

Спостерігається зростання температури проміжних вод до значень у

ядрі понад 8°C . Тому загальноприйнятий критерій виділення кордонів ХПШ (за ізотермою 8°C) стає незастосовним. Ядро ХПШ можна виділяти за мінімумом температури у проміжному шарі, а його межі – за градієнтним критерієм. При продовженні настільки вираженого кліматичного переходу (потепління клімату) на нашій планеті, ХПШ у ЧМ епізодично зникатиме. Найчастіше він виявлятиметься у вигляді дуже плавного і незначного, глибшого по вертикалі мінімуму температури води в середині основного галокліну. Мінімум матиме іншу природу і його становище вже не відповідатиме проміжному шару.

ВИСНОВКИ

У деяких випадках у звіті використовуються результати спостережень, виконаних з січня по листопад 2024 року. Дані за грудень замінювалися їхньою багаторічною нормою. По мірі отримання спостережень за грудень висновки зі звіту будуть при можливості коригуватися.

Мінливість деяких гідрометеорологічних параметрів в північно-західній частині Чорного моря у 2024 році значно виходили за межі кліматичних норм. Збереглися тенденції зростання середньорічних температур повітря і морської води. Середньорічна температура води по даним ГМС «Одеса-порт» склала 14,5°C. Це найвища середньорічна температура води за всю історію спостережень. Середньорічна температура повітря досягла позначки 13,8°C. З такою температурою 2024 рік став найтеплішим за 180-річну історію метеоспостережень в Одесі, і замінив нині рекордний за 2023 р. з температура якого склала 13.3°C.

Вітрові умови відповідали рівню середніх значень останніх років; переважали вітри Пн-З, і протилежних Пд-Пд-С напрямків.

У 2024 році середньорічна швидкість вітру, за перші одинадцять місяців, становила 3,72 м/с. Загалом перенесення приземних повітряних мас відбувалося традиційно з півночі із середньою векторною швидкістю 0,7 м/с.

У 2024 році приплив річкової води до Чорного моря був близьким до норми. Сумарна витрата Дунаю за одинадцять місяців 2024 р. дорівнює 190,5 км³. Це становить 94% від річної норми стоку, що дорівнює 203,2 км³.

2024 рік з сумою опадів 552,3 мм у списку зі спадання цих сум опинився на 22 місці і входить до числа найбільш вологих років від загального списку значень річних сум опадів починаючи в 1865 року. У 2024 році було зафіксовано аномально низьке середньорічне значення солоності морської води в Одеській затоці, яка з урахуванням грудневої норми склала ~11.0 опс. Це найнижче значення солоності з початку сторіччя.

За даними 16-ти буїв «Argo», що працювали в Чорному морі у 2024 році, глибини залягання основних гідрологічних структур перебували в межах кліматичних коливань. Залежно від гідродинамічних умов району нижня межа кисневої зони коливалася від 64 м до 166 м. Середня глибина залягання ядра холодного проміжного шару (ХПШ) у зимовий період становила 83 метра. Середні за рік значення температури, солоності та щільності води в ядрі холодного шару знаходилися на рівні значень $8,509^{\circ}\text{C}$, 19,618 опс та 15,214 у.о., відповідно. Середньорічна температура вод ядра ХПШ у 2024 р. була на $0,2^{\circ}\text{C}$ вище, ніж у 2020 та 2021 рр., і на $0,6^{\circ}\text{C}$ вище, ніж у попередній 2023 рік. Внаслідок дуже теплих зим у сезоні літо-осінь 2024 року ХПШ практично зник. Шар мінімальної температури змістився до глибини порядку 250 метрів до нижньої найбільш інтенсивної частини основного галокліну Чорного моря. За супутниковими даними для поверхневого шару морської води всієї акваторії Чорного моря за період 2003-2023 рр. характерні наступні тенденції: Для сезонів - зима, літо, весна, осінь, розподіл ТПМ та солоності для всього Чорного моря носить додатний характер. Розподіл вмісту кисню для всіх сезонів - від'ємний. Для всіх сезонів – ТПМ та солоність верхнього шару води, порівняно з кліматичними значеннями, зросла для всієї акваторії Чорного моря. Насиченість киснем верхнього шару води порівняно з кліматичними значеннями зменшилась. За останні три роки температура поверхні моря у центральних районах піднялася на один градус з 16°C до 17°C

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 Tityapkin A. Method of a Point Localization in a Polygon in Relation to Ecological and Geographical Problems. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3126/paper22.pdf>.

2 Лоція Чорного та Азовського морів на води України. – Київ, 2004. – Міністерство транспорту України державний департамент морського і річкового транспорту державна установа «Держгідрографія».

3 Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України / Том 2 УкрНЦЕМ; керівник роботи Український В.В., відповід. викон. Диханов Ю.М. – КП 87.19.03 Одеса: УкрНЦЕМ, 2021. – 92 с.

4 V. Vyshnevskyi, A. Matygin, V. Komorin /Thermal regime of the northwestern part of the Black Sea. Geographia Technica, Vol. 18, Issue 1, 2023, pp. 29-38. doi: 10.21163/GT_2023.181.03.

5 Большаков В.Н., Сытов В.Н. Обзор изменений климата Одессы в первые десятилетия XXI века // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей.– 2023.– № X (УУ). – с. (прийнято до друку).

6 Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Отв. ред. Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров, Г.Г. Миничева – Киев: Наукова думка, 2006 – 703с.

7 Большаков В.М. Метод виділення екстремальних річних та місячних обсягів витрат річок на прикладі Дунаю і Дніпра. Морський екологічний журнал. 2023. Т. XVII ном. 1–2. С. 43–51. 2023 ISSN 1684-1557 Видавничий дім «Гельветика» 2023.

8 Океанографічний Атлас Чорного та Азовського морів. / Еремеев В.М. – Київ: ДУ «Держгідрографія», 2009. – 365 с.

9 Тези Шостої Всеукраїнської науково-практичної Конференції “Євроінтеграція екологічної політики України” 06 листопада 2024 р. м. Одеса

Одеський національний університет ім. І.І.Мечнікова Диханов Ю.М., Попов Ю.І.

10 Eremeev V. N., Konovalov S. K. On the budget and the distribution of oxygen and sulphide in the Black Sea water. *Mar.Ecol. J.* 2006. N5. P. 5—30.

11 Ю.І Попов, Ю.М Диханов, В.М. Коморін / Оцінка глибин залягання верхньої межі сірководневої зони Чорного моря за даними буїв 2015-2022 рр. // Морський екологічний журнал, № 1-2. 2022, Doi 10.47143/1684-1557/2022.1-2.6.

12 Овчинников И.М., Попов Ю.И. Формирование холодного промежуточного слоя в Черном море // Океанология. – 1987. – Т. 27. – №. 5. – С. 739-746.

13 Полонський А.Б., Попов Ю.І. Умови формування вод холодного проміжного шару Чорного моря // Книжкова серія «Сучасні проблеми океанології», вип.8.-Севастополь.- МДІ НАН України.

Електронні ресурси віддаленого доступу:

1. Сайт НАСА <http://terra.nasa.gov/>
2. Одеський сайт [https://culturemeter.od.ua/3The electronic report of the MFC state of progress in predictions / simulations/analysis.–Access mode <http://www.bsmfc.net/MyOcean>–Title from screen.](https://culturemeter.od.ua/3The%20electronic%20report%20of%20the%20MFC%20state%20of%20progress%20in%20predictions%20/%20simulations/analysis.%20Access%20mode%20http://www.bsmfc.net/MyOcean%20Title%20from%20screen.)
3. An international program that measures water properties across the world's ocean using a fleet of robotic instruments that drift with the ocean currents and move up and down between the surface and a mid-water level. – Access mode <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard>–Title from screen.
4. The Copernicus Marine Service (or Copernicus Marine Environment Monitoring Service) is the marine component of the Copernicus Programme of the European Union. It provides free, regular and systematic authoritative information on the state of the Blue (physical), White (sea ice) and Green (biogeochemical) ocean, on a global and regional scale. – Access mode

https://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&task=results–

Title from screen.

5. The Copernicus Open Access Hub (previously known as Sentinels Scientific Data Hub) provides complete, free and open access to Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 and Sentinel-5P user products, starting from the In-Orbit Commissioning Review (IOCR). – Access mode <https://scihub.copernicus.eu/>–Title from screen.
6. Сайт EC <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?X%3A32017D0848> –Title from screen.
7. One of the first weather websites in Europe that is updated regularly and offered weather maps based on model data. – Access mode <https://www.wetterzentrale.de/>–Title from screen.
8. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/13/>
9. <https://wvs.earthdata.nasa.gov/>
10. An international program that measures water properties across the world's ocean using a fleet of robotic instruments that drift with the ocean currents and move up and down between the surface and a mid-water level. – Access mode <https://argo.ucsd.edu/>–Title from screen.

ПУБЛІКАЦІЇ

1. Viktor Vyshnevskiy, Yuriy Dykhanov, Viktor Komorin Long-term changes in water level of the northwestern part of the black sea National Aviation University Geographia Polonica 2024, Volume 97, Issue 4, pp. 473-484 <https://doi.org/10.7163/GPol.0288>
2. Большаков В.М. Метод виділення екстремальних річних та місячних обсягів витрат річок на прикладі Дунаю і Дніпра. Морський екологічний журнал. 2023. Т. XVII ном. 1–2. С. 43–51. 2023ISSN 1684-1557 Видавничий дім «Гельветика» 2023
3. Сертифікат учасника Шостої Всеукраїнської науково-практичної Конференції “ЄВРОІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ” 06 листопада 2024 р. м. Одеса Одеський національний університет ім. І.І.Мечнікова Диханов Ю.М., Попов Ю.І.
4. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір науково-практичного характеру «Алгоритм контролю якості даних океанографічних спостережень (Algorithm of quality control of oceanographic observational data)» №123542 (Коморін В.М., Мацокін Л.В., Диханов Ю.М., Тітяпкин А.С.). Дата реєстрації 6 лютого 2024р.

ДОДАТОК А

Таблиця А – Реєстр буїв програми Argo, які працювали в Чорному морі у період з 2005 до 2024 рр.

NN /пп	Номера буїв ARGO	Кількість станцій	Дата початку	Дата кінця	Интер- вал глуб, m	Верт., дискр. наб. m	Интервал глибин, m	Верт., дискр. наб. m	Интервал глибин, m	Верт., дискр. наб. m	Врем. дискр. , сутки	Параметри
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1901200	230	2009-1208	2013-0222	0-700	10	700-2000	50	-	-	5 =	TS
2	1902575	031	2023-1130	2024-09	0-500	2	500-1500	5	-	-	10	1 TS
3	3901852	412	2016-1206	2022-1215	0-100	2	100-700	10	700-2000	25	4	TS
4	3901854	421	2016-1102	2022-0903	0-100	2	100-700	10	700-2000	25	5	TS
5	3901855	411	2016-1022	2022-0605	0-100	2	100-700	10	700-2000	25	5	TS
6	3902004	188	2021-1021	2024-09	0-1500	2	-	-	-	-	5	2-O2
7	3902005	212	2021-1022	2024-09	0-1500	1-2	-	-	-	-	5	3-O2
8	3902006	058	2022-1107	2024-09	0-1500	1-2	-	-	-	-	10	4 TS
9	3902461	030	2023-1214	2024-09	0-500	2	500-1500	5	-	-	10	5 TS
10	4900489	141	2005-0314	2008-0205	0-100	5	100-500	20	500-600-2000	25-50	7 =	TS
11	4900540	174	2005-0314	2008-1002	0-100	5	100-300	10	300-600-2000	25-50	7 =	TS
12	4900541	126	2006-0718	2009-0301	0-360	10	350-400	20	400-2000	50	7 =	TS
13	4900542	164	2006-0718	2009-1223	0-350	10	350-400	20	400-2000	50	7 =	TS
14	4903711	046	2023-0511	2024-09	0-300	1-2	300-1500	10			10	6 H2S
15	5902291	024	2010-0417	2010-0603	0-300	10	300-2000	100	-	-	2 =	TS
16	5906866	067	2022-1103	2024-09	0-100	1	100-500	2	500-2000	5	10	7 TS
17	6900803	145	2011-0319	2013-0701	0-200	5	200-360	10	360-700-2000	50-100	5 =	TS
18	6900804	166	2011-0319	2013-0701	0-200	5	200-360	10	360-500-2000	50-100	5 =	TSO2
19	6900805	364	2011-0319	2016-1112	0-200	5	200-360	10	360-500-700	20-50	5 =	TS
20	6900807	516	2014-1128	2018-0908	0-200	0.15	200-400	2.2	400-1000	5	4 = 1ч	TSO2
21	6901828	065	2013-0930	2014-0818	0-100	5	100-760	10	760-2000	50	5 =	TS
22	6901831	387	2014-0718	2019-1121	0-200	5	200-700	10	700-2000	50	5	TS
23	6901832	404	2014-0912	2020-0316	0-200	5	200-700	10	700-2000	50	5	TS
24	6901833	339	2016-0602	2021-0114	0-200	5	200-700	10	700-1000	50	5	TS
25	6901834	393	2015-1125	2021-0404	0-200	5	200-700	10	700-800	50	5	TS
26	6901866	288	2015-0527	2019-0707	0-200	0.15	200-400	2	400-1000	5	5	TSO ₂ S

Продовження таблиці А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
27	6901895	256	2013-0802	2017-0126	0-200	2	200-500	25	500-720	50	5 =	TSO ₂
28	6901896	087	2013-0804	2014-1005	0-200	2.5	200-500	25	500-720	50	5 =	TSO ₂
29	6901899	040	2014-0502	2014-1110	0-500	5	500-1000	25	-	-	5	TS
30	6901900	164	2014-0502	2016-0722	0-500	5	500-1000	25	-	-	5	TS
31	6901959	211	2012-0608	2015-0421	0-100	5	100-750	10	750-1450	50	5 =	TS
32	6901960	026	2012-0609	2012-1009	0-100	5	100-750	10	750-1450	50	5 =	TS
33	6901961	209	2012-1106	2015-0919	0-750	10	750-1450	50	-	-	5 =	TS
34	6901962	214	2012-0817	2015-0720	0-750	10	750-1450	50	-	-	5 =	TS
35	6903228	012	2017-1020	2018-0212	0-100	2	100-700	10	700-1500	25	5	TS
36	6903240	331	2018-0406	2022-0713	0-350	1	350-1000	10	-	-	5 = 1ч	TSO ₂ S
37	6903271	387	2019-1001	2024-0815	0-100	1-2	100-700	10	700-1500	20	5	TS
38	6903298	4	2023-1114	2023-1128							5	TS
39	6903766	322	2019-1202	2024-0818	0-500	2	500-1000	15	1000-1500	25	5	TS
40	6903782	252	2020-0723	2024-0217	0-100	2	100-700	10	700-1500	25	5	TS
41	6903865	068	2020-0804	2021-0114	0-100	1	100-500	2	500-1500	5		
42	6903866	225	2020-1122	2024	0-100	1	100-500	2	500-1500	5	10	TS
43	6903867	225	2020-1117	2024	0-100	1	100-500	2	500-1500	5	5	TSO
44	6990663	006	2024-0716	2024								TSO
45	7900465	128	2009-0606	2012-0307	0-300	2	300-500	20	-	-	5	TS
46	7900466	178	2009-0606	2012-1127	0-500	2	-	-	-	-	5	TS
47	7900590	134	2013-0829	2015-0702	0-200	10	200-2000	25	-	-	5 =	TS
48	7900591	261	2013-1216	2020-0220	0-1000	1	-	-	-	-	5 = 1ч	TSO ₂
49	7900592	076	2013-1215	2014-1015	0-990	1	-	-	-	-	1 =	TSO ₂
50	7900593	059	2014-0629	2015-0415	0-100	2	100-999	10	999-2000	50	5	TSO ₂
51	7900594	140	2015-0707	2017-0602	0-200	1	200-700	10	700-2000	50	5	TS
52	7900595	186	2019-0810	2024-0922	0-200	10	200-1500	25	-	-	10	TS
53	7900596	125	2019-1206	2023-0410	0-200	10	200-1500	25	-	-	10	TSO ₂
54	7901065	052	2023-0515	2024	0-500	2	500-700	5	700-1000	10	10	H ₂ S
55	7902191	011	2024-0620	2024	0-500	2						TSO ₂