

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 0119U103483

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
УКРАЇНИ

НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ”
(УкрНЦЕМ)

65009, м.Одеса-9, Французький бульвар, 89; тел. (0482) 63 66 22; факс (0482) 63 66 73;
e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор УкрНЦЕМ
канд. геогр. наук,
старш. наук. співроб.
 Коморін В.М.
«23» січня 2020 року

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах
виключної морської економічної зони України у 2020 р.

АНАЛІЗ ГІДРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УКРАЇНСЬКИХ ВОД
ЧОРНОГО МОРЯ ТА ЇХ РОЛІ У ФОРМУВАННІ
ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МОРЯ

ТОМ 3

Науковий керівник НДР

Заст. директора – начальник морського

інформаційно-аналітичного центру, к.геогр.н.

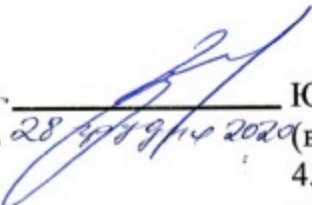
 В.В. Український

2020

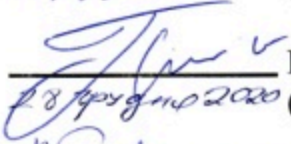
Рукопис закінчено 28 грудня 2020 р.

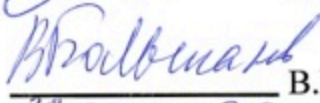
Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ,
протокол від «23» січня 2021 р. № 7

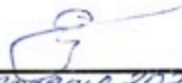
СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальний виконавець,
Начальник відділу наукових досліджень
морського середовища
(ВНДМС)  28 грудня 2020 Ю.М. Диханов
(вступ; підрозділ
4.1; розділ 5;8
висновки)

Виконавці:
завідувач сектором гідрофізичних
досліджень ВНДМС  28 грудня 2020 Є.А. Мельник
(розділ 3)

Наук. співроб. ВНДМС,
канд. геогр. наук.  28 грудня 2020 Ю.І. Попов
(розділ 2; 6)

Наук. співроб. ВНДМС,
канд. геогр. наук  28 грудня 2020 В.М. Большаков
(розділ 2;3; 4)

Наук. співроб. ВНДМС,
канд. геогр. наук  28 грудня 2020 Є.К. Полежаєв
(розділ 7;)

Наук. співроб. ВНДМС  28 грудня 2020 В.В. Пономаренко
(розділ 1)

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

РЕФЕРАТ

Звіт про науково-дослідну роботу (НДР): 81 с., 17 табл., 45 рис., 12 джерел

ЧОРНЕ МОРЕ, ШЕЛЬФ, ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНІ ЧОРНОГО МОРЯ, ХВИЛІ, ХЛОРОФІЛ, ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ (ГМС) ОДЕСА-ПОРТ.

Об'єкт дослідження – морські води і екосистема Чорного моря (ЧМ) в межах виключної морської економічної зони України.

Мета НДР – дослідження сучасного стану та просторово-часової мінливості гідрологічних і гідрофізичних параметрів морської води ЧМ і їх вплив на екологічний стан морського середовища в межах виключної морської економічної зони України відповідно до імплементації Директив Європейського Союзу (ЄС) (2008/56/ЄС) і (2008/105/ЄС) згідно з Угодою про асоціацію між Україною та ЄС.

Методи дослідження – в НДР використовувався порівняльний аналіз та традиційні методи аналітичного узагальнення даних та статистичного аналізу, з широким залученням супутникової інформації, використовувалась інформація Державної гідрометеорологічної служби України та літературних джерел.

Результати дослідження

Мінливість гідрометеорологічних умов в 2020 році в північно-західній частині Чорного моря (ПнЗЧ ЧМ) в деяких аспектах значно виходили за межі кліматичних норм.

Збереглися тенденції зростання середньорічних температур повітря і морської води.

2020-й рік за даними середніх річних значень гідрометеорологічної станції (ГМС) Одеса порт виявився двічі рекордним: по температурі повітря – 13,0 °C та по температурі морської води 13,5 °C і став найтеплішим за майже два століття метеорологічних спостережень в Одесі

Для всієї акваторії ЧМ відзначається підвищення температури поверхні, в порівнянні з кліматичними нормами, від 3,0 °С в районах устя великих річок, до 0,5 - 1,5 °С в інших регіонах.

Середньомісячні жовтневі та лютневі температури повітря і води були максимальні за останні десять років спостережень. Середня температура повітря в лютому склала 4.7°С при нормі -0.3°С, в жовтні 16.7°С при нормі 11.7°С, температура води відповідно - в лютому 5.2°С при нормі 1.7°С, в жовтні - 18.7°С при нормі 14.4 °С.

На тлі загального зростання середньомісячних значень температури поверхні (ТП) ЧМ в травні спостерігалися видемні (до -3 °С) відхилення від середньомісячних кліматичних значень.

Річна норма водного стоку Дунаю на 2011-2020 рр. дорівнює 205,8 км.³ Стік Дунаю у 2020 році був один з найнижчих за останні 40 років і дорівнював 146,5 км.³

Стік Дніпра 18 км³ у 2020 році також характеризується, як один з найнижчих, що вплинуло на величину солоності морської води.

В 2020 р. середня місячна солоність морської води з січня до серпня у районі Одеси була на 2-3 опс вище відносно кліматичної норми цих місяців.

Межа розповсюдження шельфових вод (ШВ) з солоністю $\leq 17,5$ опс в зимовий період 2020 р. значно змістилася на південь від Каркінітської затоки і положення кліматичної границі ШВ взимку.

В районі Одеси зберігся традиційний річний південно-західний(ПдЗ) напрямок загального приземного перенесення повітряних мас. Середня швидкість вітру залишилася на рівні останніх чотирьох років 3.8 м/с

У порівнянні з попередніми роками значно зменшилась кількість апвелінгів. У районі одеського узбережжя спостерігався один значимий апвелінг в липні, коли температура на поверхні води знизилася на сім градусів.

Максимальна повторюваність хвилювання моря відповідала напрямкам південно-східному (ПдС), південному (Пд), та південно-західному (ПдЗ) і складала в сумі 57,9%).

У центральній частині моря середня глибина початку безкисневої зони ≤ 20 $\mu\text{моль/л}$ складала 72-83 м і була близька до кліматичного рівня 65-70 м, заглиблюючись до периферії головних циклонічних круговороті течій ЧМ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
2 МІНЛИВІСТЬ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ В ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПНЗШ ЧМ У 2020 РОЦІ	13
2.1 Температура повітря	14
2.2 Режим вітру.....	18
2.3 Атмосферні опади	28
3 МІНЛИВІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНИХ УМОВ В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПНЗЧ ЧМ У 2020 РОЦІ	32
3.1 Температура морської води	32
3.2 Солоність морської води	37
4 БАГАТОРІЧНА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ ДУНАЮ	40
5 ПОШИРЕННЯ ШЕЛЬФОВИХ ВОД В ПНЗЧ ЧМ У 2020 РОЦІ.....	43
6 ВІТРОВЕ ХВИЛЮВАННЯ ТА РЕЖИМ ВІТРУ В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ В ВЕСНЯНО-ОСІННІЙ ПЕРІОД 2020 РОКУ	47
7 КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ МОРСЬКОЇ ВОДИ ПРИБЕРЕЖНИХ І МОРСЬКИХ РАЙОНІВ ЧОРНОГО МОРЯ В 2020 РОЦІ В МЕЖАХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ	51
7.1 Районування Чорного та Азовського морів	52
7.2 Порівняння результатів спостережень на ГМС Одеса-Порт і супутниковими даними.....	54
7.3 Особливості розподілу температури поверхні води Чорного моря у 2020 р.	56
7.4 Тенденції зростання ТПО в 2020 р. на тлі кліматичних даних	67
8 ГІДРОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ГЛИБОКОВОДНОЇ ЧАСТИНИ ЧМ ЗА ДАНИМИ БУЇВ АРГО У 2020 РОЦІ	77
ВИСНОВКИ	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВНДМС	відділ наукових досліджень морського середовища
ГМС	гідрометеорологічна станція
ГМБ	гідрометеорологічне бюро
ЗПдЗ	захід-південь-захід
КМ	Кабінет Міністрів
ОПС	одиниці практичної солоності
ОЧТ	основна чорноморська течія
НДР	науково-дослідна робота
ПВД	прогресивно-векторна діаграма
Пд	південь
ПдЗ	південний-захід
ПдС	південний-схід
ПдПдС	південно-південний-схід
Пн	північ
ПнЗ	північний-захід
ПнПнЗ	північно-північний-захід
ПнЗШ	північно-західний шельф
ПнЗЧ	північно-західна частина
ПнС	північний-схід
ПнПнС	північно-північний-схід
СВ	Севастопольський вихор
СГМ	сектор гідрометеорології моря
ТП	температура поверхні
УкрНЦЕМ	Український науковий центр екології моря
ХПШ	холодний проміжний шар
ШВ	шельфові води
ЧМ	Чорне море
ЄС	Європейський Союз.

ВСТУП

НДР «Аналіз гідрофізичних характеристик українських вод Чорного моря та їх ролі у формуванні екологічного стану моря» виконувалась в рамках напрямку наукових досліджень УкрНЦЕМ «Базова оцінка та визначення Доброго екологічного стану морського середовища Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України» згідно Закону України «Про Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI та міжнародних зобов'язань України щодо захисту Чорного моря від забруднення відповідно до «Стратегічного Плану Дій до відновлювання і охорони Чорного моря» згідно виконання завдань «Загальнодержавної програми охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів».

У рішеннях 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 (2017/845/ЄС).

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 прийняті з однією метою – досягнення «доброго екологічного стану» водного середовища.

У переліку дескрипторів, контрольованих екологічним моніторингом, дескриптор відповідальний за моніторинг гідрологічних умов значиться під номером D-7.

Основним завданням моніторингу оцінка мінливості основних гідрофізичних параметрів морського середовища таких як: температура, солоність, прозорість, колір моря, течії, хвилювання, апвелінги, процесами перемішування річкових і морських вод, траєкторії руху основних

гідродинамічних утворень льодова обстановка. нагляд за метеоумовами, що викликають зміни гідрологічної обстановки.

Ці зміни можуть бути особливо важливі, коли вони шкідливо діють на морські екосистеми в більшому масштабі і їх оцінка може забезпечити раннє попередження можливих впливів на екосистему. Крім спостережень за акваторіями, схильних до постійних змін гідрологічних параметрів, в постановах кабінету міністрів України вказується про необхідність регулярного проведення загального екологічного моніторингу морських і прибережних вод Чорного і Азовського морів в межах економічної зони 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

У звіті використовувалися дані отримані в результаті асиміляції даних 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* отриманих з сканерів штучних супутників NASA, NOAA (США).

Крім того, виконувалася первинна обробка цифрової супутникової інформації про стан і мінливість температури води та розподілу хлорофілу-*a* в північно-західній частині Чорного моря, з сайту <http://www.bsmfc.net/MyOcean> по чотирьох хвилинним квадратам з тижневою частотою.

Візуальні зображення поверхні морської води Чорного та Азовського морів приймалися за системою «AERONET», супутниками «Aqua MODIS» і «Terra MODIS». Усього було отримано та проаналізовано 365 знімків, для комплексного аналізу отриманих матеріалів використовувались супутникові дані з дрейфуючих буїв програми «Argo» з веб-сайту за посиланням: <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard>

Таблиця 1.1 – Реєстр активних буїв проекту «Argo» в Чорному морі протягом 2020 р.

№ п/п	№ Буя	Дата першої станції	Періодичність спливання буя	T °C	S ‰	O μм/м³
1	6901834	25.11.2015	кожні 6 днів	*	*	
2	6901833	02.06.2016	кожні 5 днів	*	*	
3	3901855	22.10.2016	кожні 5 днів	*	*	
4	3901854	02.11.2016	кожні 5 днів	*	*	
5	3901852	06.12.2016	кожні 5 днів	*	*	
6	6903240	29.03.2018	кожні 5 днів	*	*	*
7	6903271	01.10.2019	кожні 4 дня	*	*	
8	6903766	02.12.2019	кожні 5 днів	*	*	
9	7900596	06.12.2019	кожні 10 днів	*	*	*
10	7900595	10.08.2019	кожні 10 днів	*	*	
11	6903866	22.11.2020	кожні 5 днів	*	*	
12	6903782	23.07.2020	кожні 5 днів	*	*	
13	6903867	17.11.2020	кожні 5 днів	*	*	*

Інформація з буїв надходила, як в графічному, так і в цифровому вигляді з сайту <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard> (рис. 1.1)

З метою виконання певного комплексу завдань для даного звіту були використані дані програми Європейського Союзу щодо спостереження за Землею «Служби моніторингу морського середовища «COPERNICUS» – «Коперник».

За допомогою програми «Коперник» 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 градуса з регулярною рівно прямокутною проекцією довготи/широти, на 50-ти рівнів по глибині від 0 до 5500 метрів.

Крім цього, завдяки програмі спостереження «Коперник» була можливість отримання супутникових знімків високої якості з веб-сайту за таким посиланням: <https://scihub.copernicus.eu/> Приклад показаний на рис.1.1



Рисунок 1.1 – Знімок високої якості. Акваторія Чорного моря поблизу Одеського морського порту за 19.02.2020 року

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

Просторово тимчасова мінливість температури морської води оцінювалася з урахуванням районування Чорного і Азовського морів (розділ 7.1).

Необхідні метеоспостереження вибирались з архівів сайтів gr5.ua; <https://www.wetterzentrale.de/>. Також в звіті використані дані спостережень ГМС Одеса-порт, сектору гідрометеорології моря (СГМ) порту Південий, та Гідрометбюро (ГМБ) Чорноморськ.

2 МІНЛИВІСТЬ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ В ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ

ПНЗШ ЧМ У 2020 РОЦІ

В основі аналізу мінливості метеорологічних і гідрологічних параметрів лягли багаторічні (понад 100 років) данні спостережень ГМС Одеса-порт. Так само при необхідності використовувалися результати спостережень ГМБ Чорноморськ і СГМ порту Південний.

ГМС Одеса-порт розташована на території порту в південно-східній його частині біля основи карантинного молу (рис. 2.1). Глибина в районі станції становить (проектна = 6,5 м; фактична = 5,8 м).

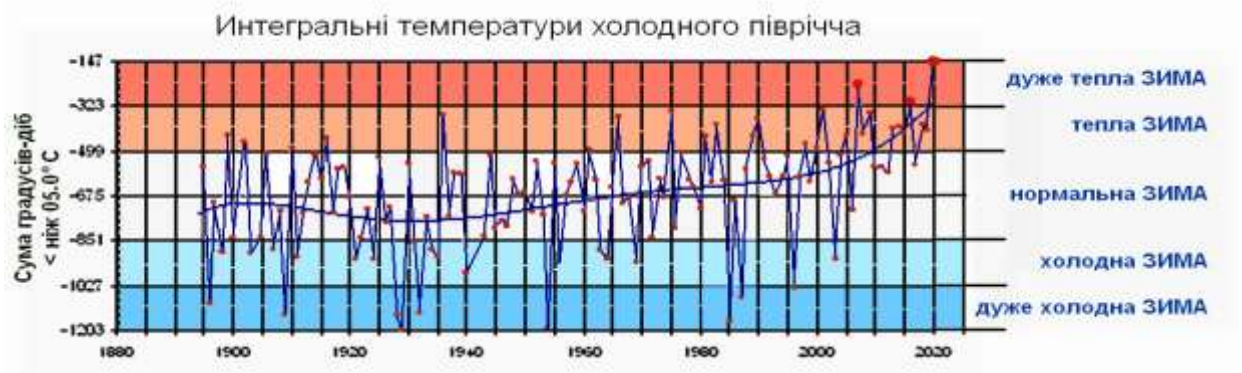


Рисунок 2.1 Розташування станції ГМС Одеса порт.

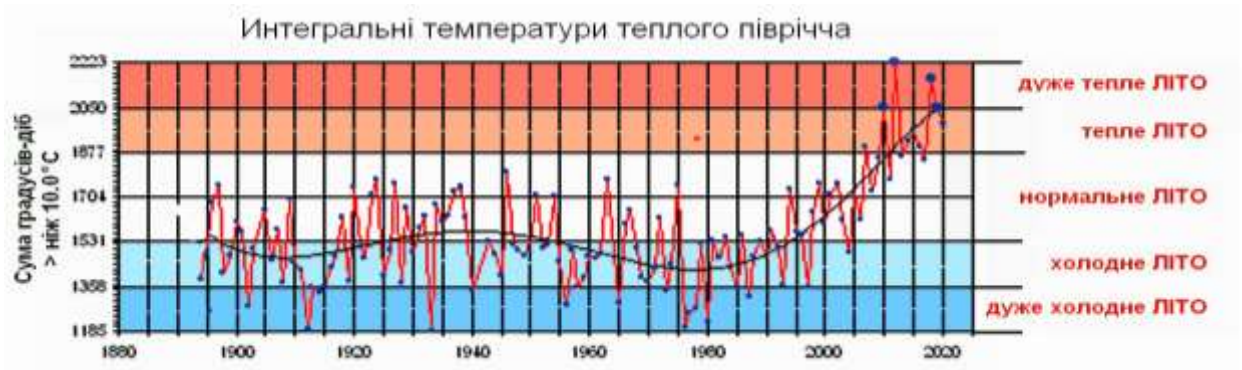
Далі надаються основні характеристики стану приземної атмосфери і стану поверхні моря та їх мінливості в районі м. Одеси з 2011 р. з визначенням найбільш помітних аномалій і особливо 2020 р.

2.1 Температура повітря

Середні характеристики термічного атмосферного режиму повітря 2020 року в районі Одеси визначалися на підставі інтегральних показників температури повітря теплого і холодного піврічч (рис. 2.2). Розрахунок інтегральної зимової температури повітря представляє собою суму середньодобових температур всього холодного півріччя нижче значення $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для інтегральної температура теплого півріччя означає суму середньодобових температур вище величини $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.



а)



б)

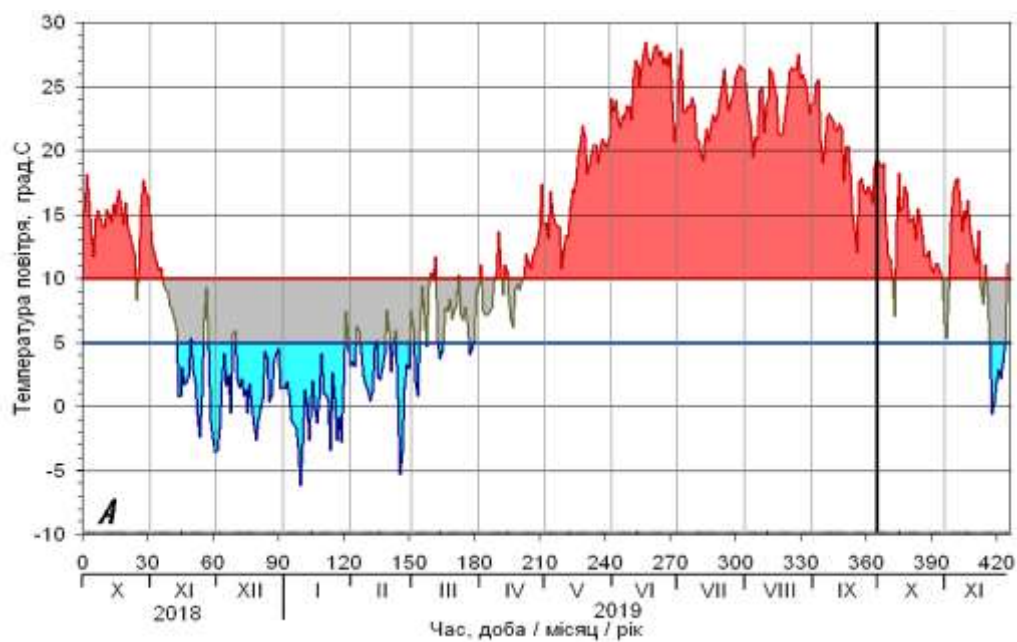
Рисунок 2.2 – Багаторічна мінливість 1894 - 2020 рр. інтегральних температур повітря: а) в холодне; б) тепле півріччя в м. Одеса.

Холодне півріччя 2020 року в на півдні України ПнЗЧ ЧМ, згідно з представленою оцінкою, стало найтеплішим за весь 125-річний період

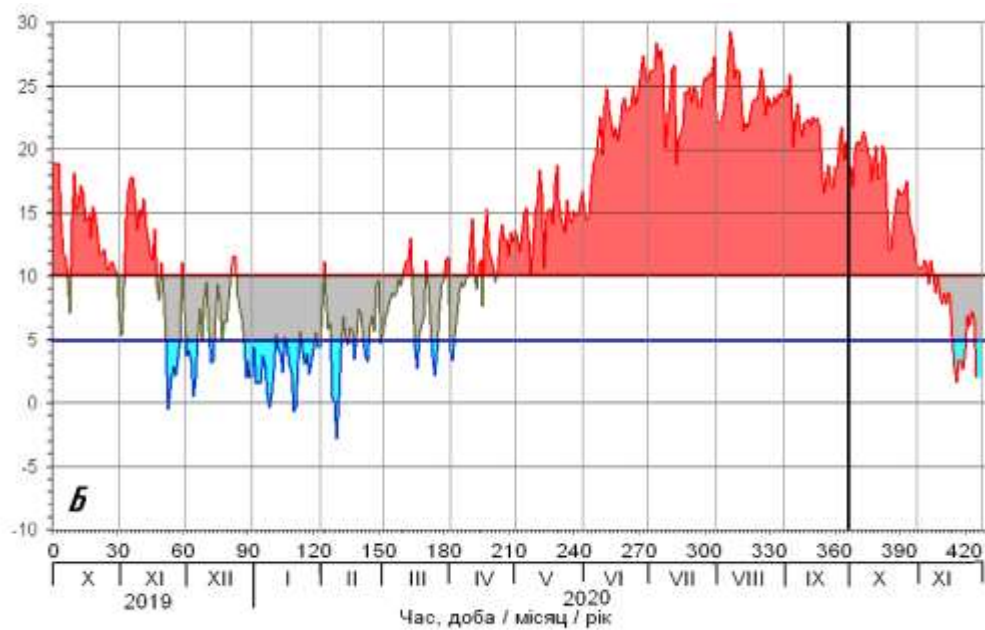
інструментальних спостережень. Тепле півріччя 2020 року було дуже тривалим, але не екстремальне теплим. Таким чином, представлені локальні оцінки підтверджують загальне уявлення про істотні позитивні додатні між річні зміни температурного режиму приземного шару атмосфери нашої планети.

Для візуалізації внутрішньорічного ходу середньодобових температур повітря в Одесі представлені графіки 2020 (рис. 2.3,б) і, для порівняння, попереднього 2019 (рис. 2.3,а) років. Графіки побудовані для періодів з жовтня по листопад для того, щоб показати повний зимовий і літній періоди кожного року.

Екстремальна тепла зима 2020 року проявилася лише чотирма нетривалими випадками слабо від'ємних ($-1 \div -3^{\circ}\text{C}$) температур повітря. У той час як в зимовий сезон 2018-2019 рр. їх було значно більше. Термічний режим теплого півріччя 2020 р. в цілому повторював умови попереднього року за винятком періоду з кінця травня - до початку червня з деякою затримкою весняно-літнього прогріву повітря.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Графіки внутрішньорічного ходу середньодобових температур повітря в Одесі в періоди: а) X.2018-XI.2019 р.; б) X.2019-XI.2020 р.

Річна норма температури повітря в Одесі, діюча по 2020 рік включно, дорівнює 10,7 °С. Це на 0,4 °С вище, ніж була в попередньому десятилітті. На рисунку 2.4 вказані деякі характеристики режиму температури повітря в Одесі в 2011- та 2020 рр.

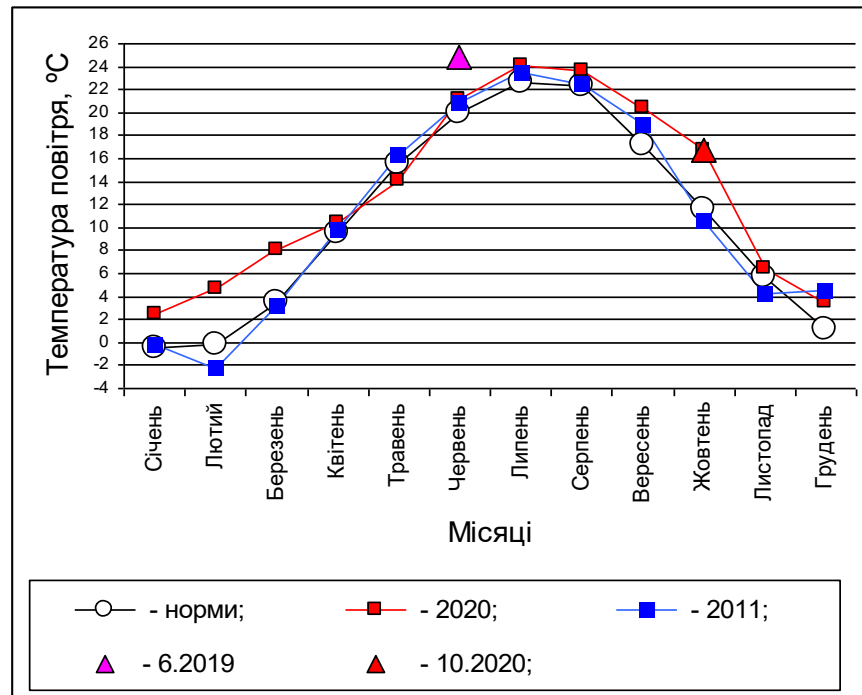


Рисунок 2.4 – Деякі характеристики мінливості температури повітря в Одесі 2011-2020 рр.: місячні норми, фактичні місячні середні самого теплого 2020 р. і самого холодного 2011 р., а також рекордні місячні середні у червні 2019 р. і в жовтні 2020 р.

Переважає більшість параметрів температурного ряду за останні 10 років свідчить про те, що подальше підвищення норми неминуче. За це свідчать такі факти:

- усі останні 10 років середня річна температура повітря була вище норми. Позитивні аномалії середньорічних значень температури повітря останніх 10 років, якщо величину 10,7 °С вважати за 100%, лежать в діапазоні від 3% (2011 р.) до 21% (2020 р.), причому 2020 рік з дуже невеликою різницею став найтеплішим. До цього протягом 12 років найтеплішим був 2007 рік;
- крім 2019 і 2020 рр. в десятку найтепліших з 1840 р. увійшли, з останніх

десяти, ще 5 років;

- за 10 років відбулися 2 рекорди середньомісячних температур повітря, червень 2019 і жовтень 2020. Ще один рекорд був повторений (лютий 2020);

- кількість місяців з позитивними додатними аномаліями, яких в попередньому десятилітті вже було більше половини, 53,3%, збільшилася ще на 3,5%, до 56,8%;

- кількість «теплых» добових рекордів у порівнянні з минулим десятиліттям зменшилася на 12%, з 77 % до 68 %;

- кількість «холодних» добових рекордів, яких в попередньому десятилітті і було-то всього 3, зменшилася до 1;

- попередні розрахунки показують що збільшення кліматичної норми температури повітря буде становити величину порядку 0,6 °С, тобто потепління не тільки триває, а ще й прискорилося.

2.2 Режим вітру

Аналіз прогресивно-векторних діаграм (ПДВ), побудованих за даними гідрометеорологічних спостережень за вітром в основних портах України, розташованих в північно-західному районі Чорного моря (Одеса, Південний, Чорноморськ, показує хорошу відповідність картин розподілу в часі вітрових потоків за напрямками і швидкостями в районі портів Одеса та Південний (рис. 2.5а та 2.5б) при значному збігу за досліджуваний період середніх швидкостей і напрямків руху.

Середні векторні швидкості вітрових потоків в обох випадках в 2020 році становили величину $0.7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, а середні напрямки, відповідно, 339° - в Одесі, і 333° - у Південному. У порту Одеса середня арифметична швидкість вітру за весь аналізований період склала $3.7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, в порту Південний трохи вище - $4.2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Мінливість вітру за даними метеорологічних спостережень в портах

Одеса і Південний в значній мірі в 2020 р. співпадала як за напрямком так і за його швидкістю, на що вказують достатньо ідентичні прогресивно-векторні діаграми переносу повітряних мас. Декілька інша ситуація в режимі мінливості вітру відмічалась за даними спостережень 2020 р. в порту Чорноморськ (рис. 2.5), що також визначалась і раніше за даними метеорологічних спостережень в портах Одеса, Південний і Чорноморськ.

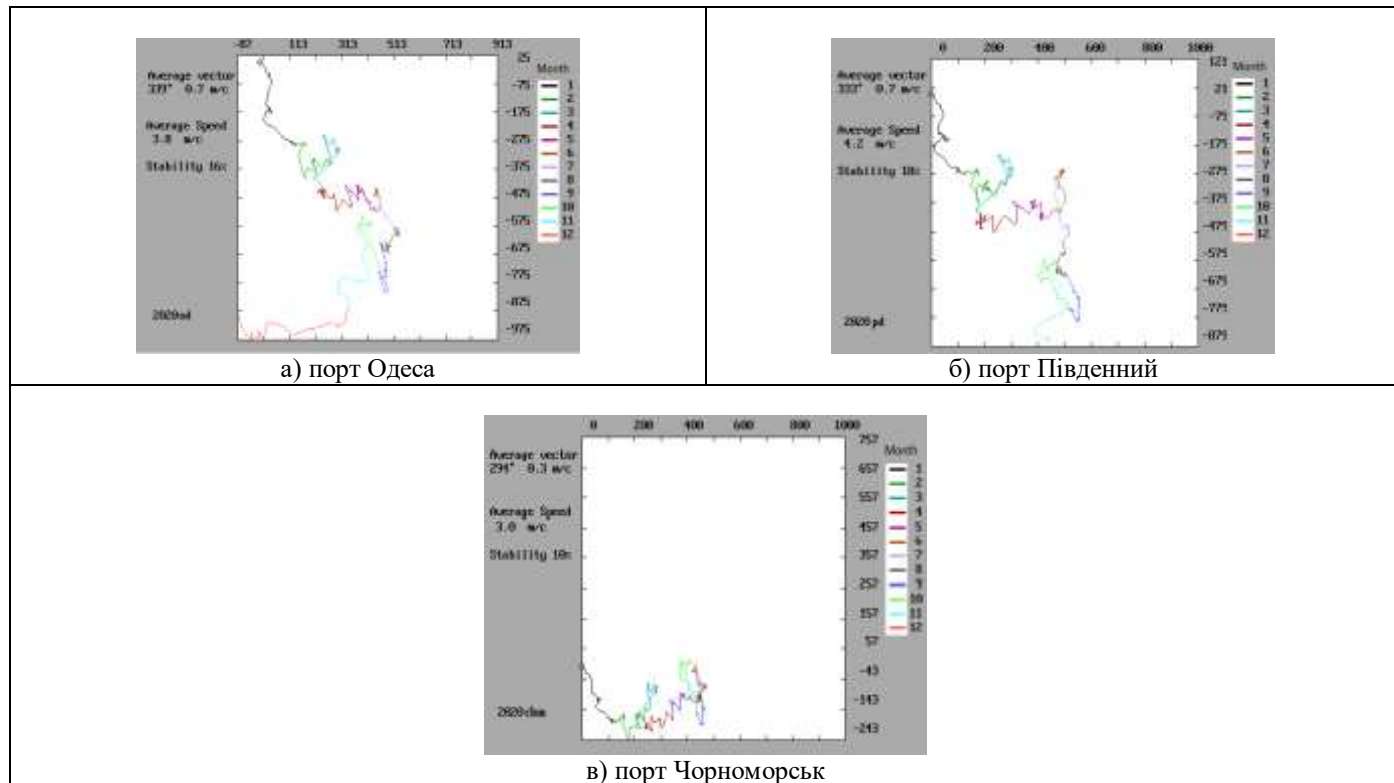


Рисунок 2.5 – Прогресивно-векторні діаграми вітру за даними вимірів на морських станціях в портах: а) Одеса, б) Південний і в) Чорноморськ в 2020 році.

Вектор швидкості переносу повітряних мас, як за даними метеорологічних спостережень в порту Одеса так і - в порту Південний в середньому за рік складав 0.7 м/с, з напрямком вектору середнього переносу 339° і 333°, відповідно до даних спостережень вітру в порту Одеса і порту Південний.

За даними спостережень в порту Одеса швидкість вітру в середньому за 2020 р. складала 3,8 м/с і декілька вище – в порту Південний 4,2 м/с.

Інша вітрова ситуація вже давно відзначається за даними Гідрометбюро порту Чорноморськ (рис. 2.5,в). Середня векторна швидкість вітру тут склала $0.3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, що більш ніж в два рази нижче, ніж в сусідньому порту Одеса і більш віддаленому порту Південний. Істотно відрізняється і середня спрямованість реєстрованих вітрових потоків (на $35-40^\circ$) від найближчих портів. У 2-3 останні десятиліття містобудування в припортовій зоні м. Чорноморськ призвело до значних змін вітрової ситуації, яка реєструється в районі спостережного майданчика ГМБ гідрологічного поста Поромна переправа, і спотворенню реальної обстановки.

Повторюваність вітрів по градаціях напрямків і швидкостей (в кількісному співвідношенні) в портах Одеса, Південний і Чорноморськ за період з 01.01 по 30.11.2020 р. приведена в таблицях 2.1-2.3. Проведено виділення екстремальної повторюваності по кожному напрямку. У всіх портах екстремальним за кількістю повторюваності випадків є північний і північно-західний напрямки вітру. Другим за рівнем переважної повторюваності вітру – є південний напрямки.

Вітри північних румбів направляють забруднений стік Дунаю на південь уздовж західного узбережжя ЧМ в сторону від економічних районів України. Повторюваність цих напрямків вітру в 2020 році в ПнЗЧ ЧМ склала 48.3 % .

З урахуванням загальної циклональної циркуляції вод така ситуація зменшує "дунайські" антропогенні навантаження на морське середовище району.

Вітри цих напрямків так само, за певних обставин (швидкість вітру, ослаблення течії) можуть направити води які виходять з Дніпро-Бузького лиману в бік відкритого моря., що також зменшує екологічні ризики в прибережних водних масивів північного узбережжя.

Таблиця 2.1 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкості (кільк.) в порту Одеса за період з 01.01 по 30.11.2020 р.

Напр.румби \ Град.швидк.	Пд.	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Повто-рюван. (кільк.)
00 < 02	53	43	31	65	50	30	14	19	305
02 < 04	74	61	33	97	58	33	21	39	416
04 < 06	95	30	4	61	47	41	18	21	317
06 < 08	52	12	1	31	39	31	4	9	179
08 < 10	11	3	0	13	31	13	1	1	73
10 < 12	0	0	0	15	15	1	1	1	33
12 < 14	0	0	0	3	6	1	0	0	10
14 < 16	0	0	0	1	3	2	0	0	6
16 < 18	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Сума (кільк.)	285	149	69	287	249	152	59	90	1340

Таблиця 2.2 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкості (кільк.) у порту Південний з 01.01 по 30.11.2020 р.

Напр.румби \ Град.швидк.	Пд.	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Повто-рюван. (кільк.)
00 < 02	32	22	17	14	58	21	10	5	179
02 < 04	67	61	42	39	93	86	31	32	451
04 < 06	57	54	22	36	71	34	26	25	325
06 < 08	30	45	7	38	63	41	8	8	240
08 < 10	14	16	5	18	32	11	2	7	105
10 < 12	2	1	0	3	7	6	1	0	20
12 < 14	3	1	0	6	4	2	0	0	16
14 < 16	0	0	0	0	0	3	0	0	3
16 < 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 < 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 < 22	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Сума (кільк.)	205	200	93	155	328	204	78	77	1340

Таблиця 2.3 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкості (кільк.) у порту Чорноморськ з 01.01 по 30.11.2020 р.

Напр.румби Град.швидк.	Пд.	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Повто- рюван. (кільк.)
00 < 02	31	30	32	61	47	11	18	37	267
02 < 04	82	54	58	162	138	45	48	55	642
04 < 06	96	21	7	53	55	30	20	14	296
06 < 08	43	7	2	8	23	6	8	6	103
08 < 10	10	0	0	7	9	0	2	2	30
10 < 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 < 14	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Сума (кільк.)	262	112	99	291	274	92	96	114	1340

Таблиці 2.2.1-2.2.3 та рози вітру, представлені на рис. 2.2.3 дають ще одне графічне уявлення про переважаючі вітрові потоки поточного року. У районі західного узбережжя північно-західного шельфу (порти Одеса та Чорноморськ) областю найбільшої повторюваності вітрів є ПнЗ і ПнПнЗ напрямку. Далі, за величиною повторюваності, слідують вузькі сектора протилежних Пд і ПдПдС напрямків.

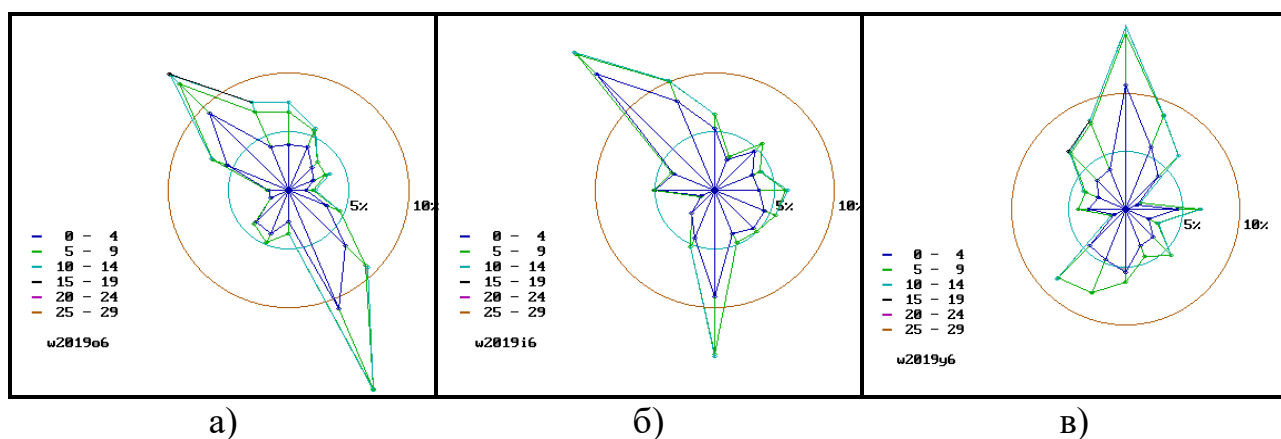


Рисунок 2.2 – Рози повторюваності вітрів в 2019 р. в портах: а) Одеса, б) Чорноморськ і в) Південний.

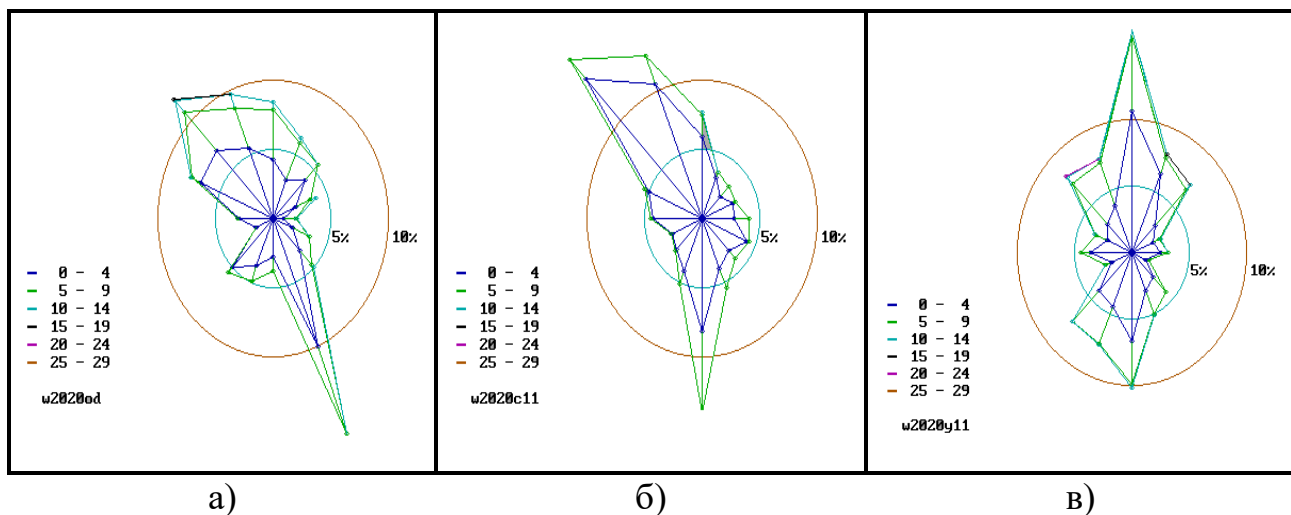


Рисунок 2.3 – Рози вітрів за даними морських станцій в портах: а) Одеса, б) Чорноморськ, в) Південний у 2020 році.

У порівнянні із 2019 роком, у вітровому режимі збільшився вклад північних напрямків (рис. 2.2).

В цілому генеральне перенесення в приземній атмосфері збереглося в кліматичних межах. В районі Одеси середній за 2020 рік переніс повітряних мас здійснювався з ПнПнС напрямку (6°) із середньою векторною швидкістю $0,6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. (рис. 2.4). Невелика величина сумарною річною векторної швидкості пояснюється векторною компенсацією основних, але протилежних по напрямку південних і північних потоків при постійній нехай і не значною домінантою північних напрямків.

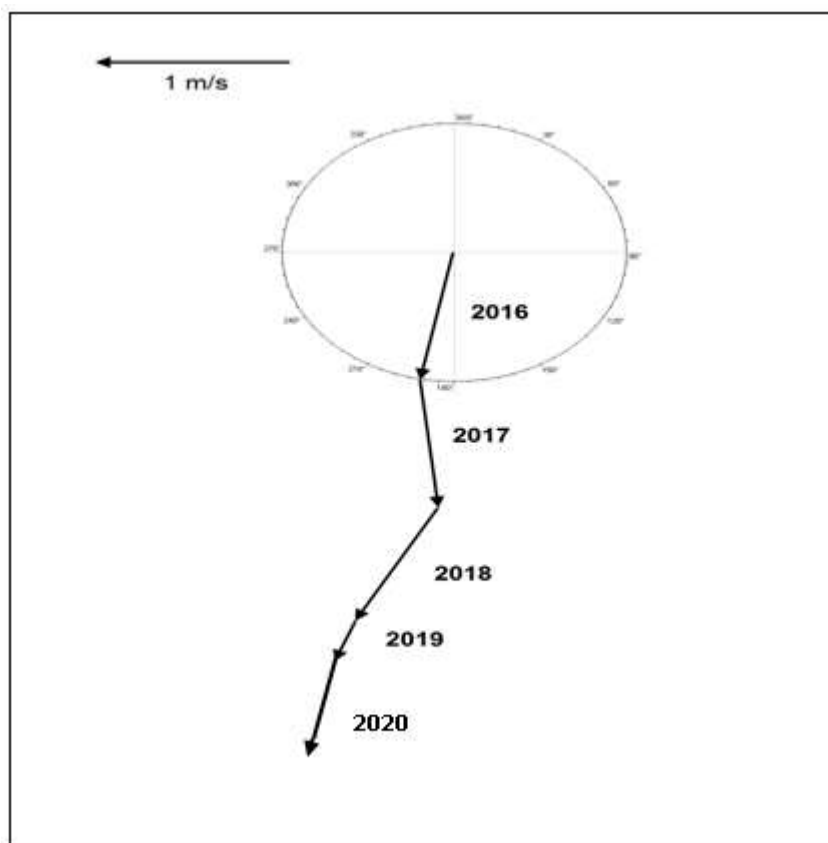


Рисунок 2.4 – Середньорічна прогресивно - векторна діаграма перенесення повітряних мас за даними ГМС Одеса-порт в 2016 – 2020 рр.

На рисунку 2.5 представлені середньорічні дані швидкості вітру по станції Одеса-Порт за останні 40 років.

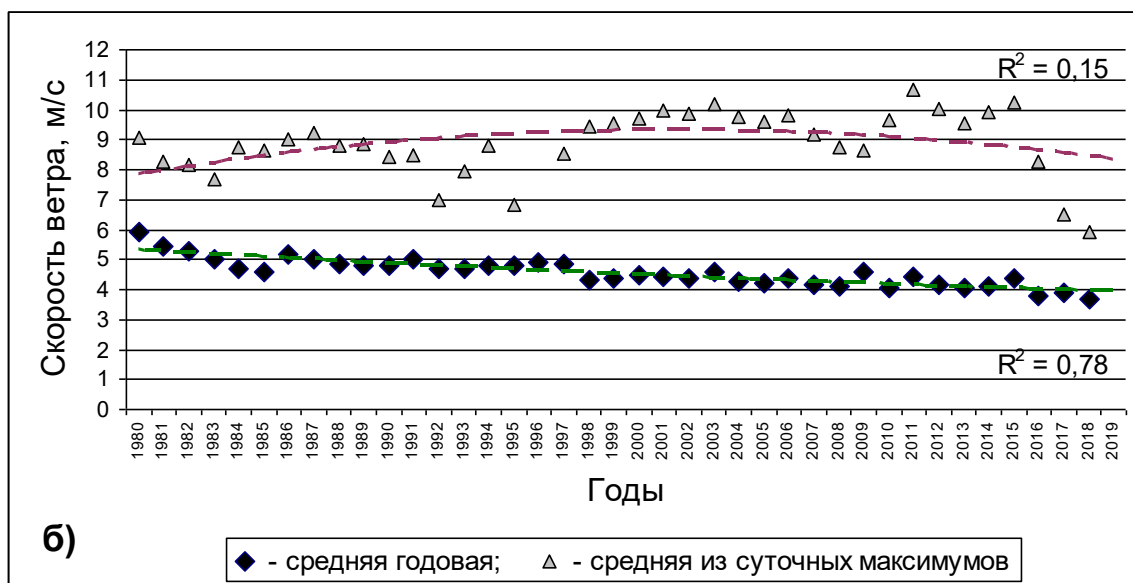


Рисунок 2.5 – Середньорічні й осереднені по роках швидкості вітру за даними ГМЦ Одеса-Порт.

За цей час середньорічна швидкості вітру зменшилася з 5,2 до 4,0 м·с⁻¹. Добре видно, що зазначена тенденція зниження середньої швидкості вітру тривала до 2016 року. Останні чотири були відносно стабільні (табл. 2. 4). Згідно спостережень на станції порт Південний відзначається суттєвий зріст з 3.9 до 4.2 м·с⁻¹ – це найбільш максимальна з усіх середня швидкість вітру, що розрахована за останні п'ять років по всіх станціям.

Таблиця 2.4 – Середньорічні швидкості вітру (м/с)

Пункт спостереження	рік 2016	2017	2018	2019	2020
Порт Одеса	3.9	3.8	3.9	3.7	3.8
Порт Чорноморськ		3.1	3.1	3.1	3.0
Порт Південний		3.8	3.9	3.9	4.2

Таблиця 2.5 – Середньорічна стабільність швидкості вітру (%)

Пункт спостереження	рік 2016	2017	2018	2019	2020
Порт Одеса	30	25	23	9	16
Порт Чорноморськ		17	20	4	10
Порт Південний		25	32	19	18

Аналіз даних, наведених в таблиці 2.5 показав, що починаючи з 2019 року помітно зменшилась стабільність швидкості вітру.

Імпульсний вплив сили приводного вітру на морську поверхню створює додаткові неоднорідності в поле тангенціального напруження, що в свою чергу генерує частіші випадки виникнення дрібномасштабних вихорів, які сприяють більш інтенсивному динамічному перемішування верхнього шару.

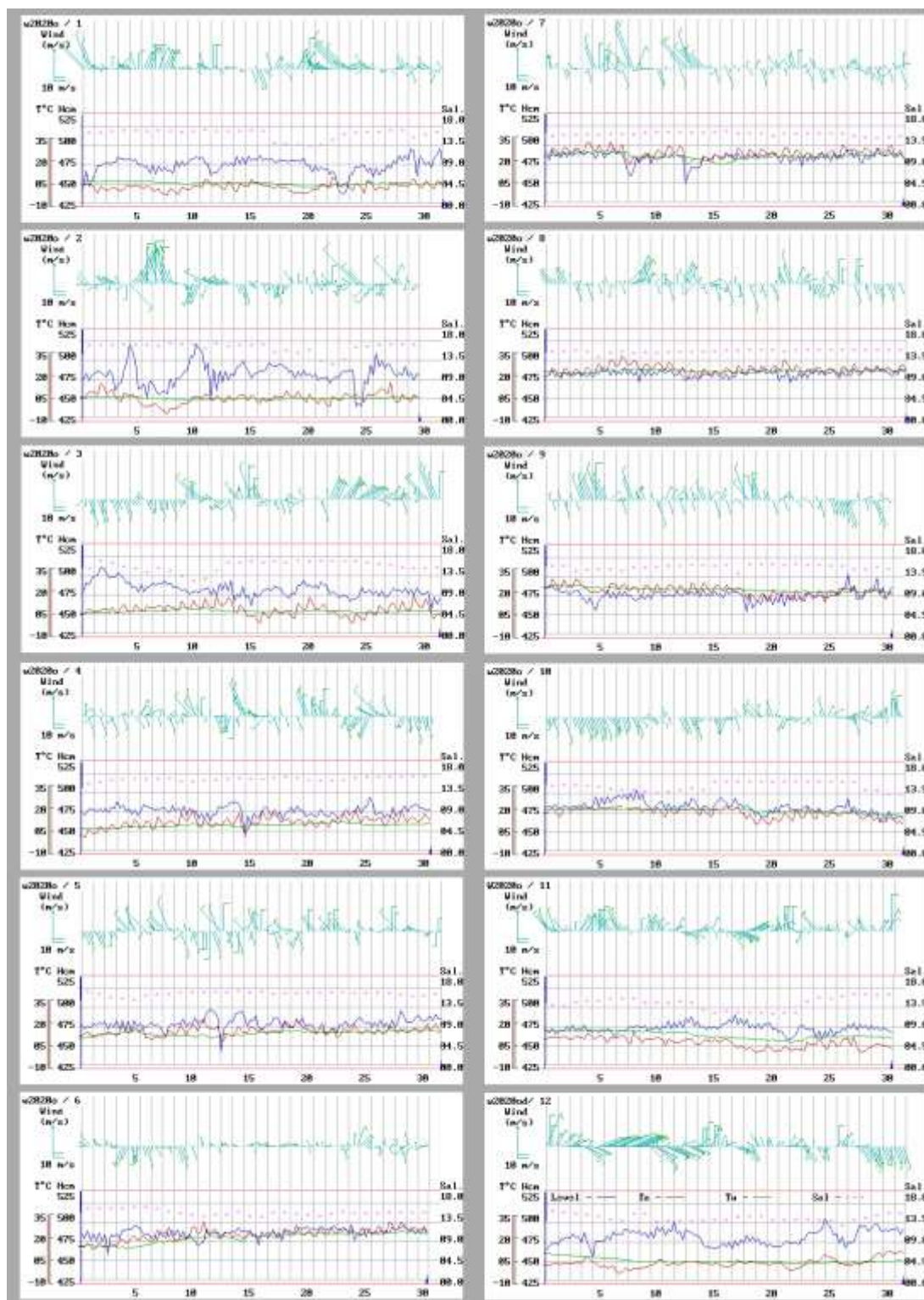


Рисунок 2.7 – Щомісячні графіки тимчасових змін основних гідрометеорологічних параметрів за даними вимірів ГМС Одеса-порт в 2020 році.

Примітка:

Вітер

- вектори бірюзового кольору;

Рівень моря

- сині лінії;

Температура повітря

- червоні лінії;

Температура води

- зелені лінії;

Солоність води

- рожеві еліпси.

На рис. 2.7 звертають на себе увагу лютневі різкі сплески коливання рівня. Вони обумовлені вітром. Після помірних згінних вітрів 3 лютого, почався нагін протягом усієї доби 04.02. В кінці доби вітер посилюється до 10 м.с^{-1} і, відповідно, локальний стрибок рівня.

Другий стрибок рівня (10.02) трапився теж після тривалого (4 доби) згону і добового нагону помірної сили вітром.

Третій (24.02), тепер уже негативний стрибок, залежить від багатьох добовим згоном, один з термінів дає вітер $>15 \text{ м.с}^{-1}$.

Станція розташована в районі складної орографії берега і на досить великій мілководній прибережній полиці з глибинами $<10 \text{ м}$.

Вітри південних напрямку в початковий період свого дії викликають короточасний зганняння, а потім, коли підніметься рівень біля північного узбережжя і нагін.

Навпаки все відбувається при зворотних північних вітрах.

В цілому падіння рівня в районі станції протягом усього року пов'язано з дією вітру.

2.3 Атмосферні опади



Рисунок 2.8 – Злива в Одесі 28 травня 2020 року

(<https://golos.ua/news/>)

За спостереженнями з 1867 р. тривалий мінімум річних сум опадів в Одесі доводиться на 1890-1930 рр. (рис. 2.9).

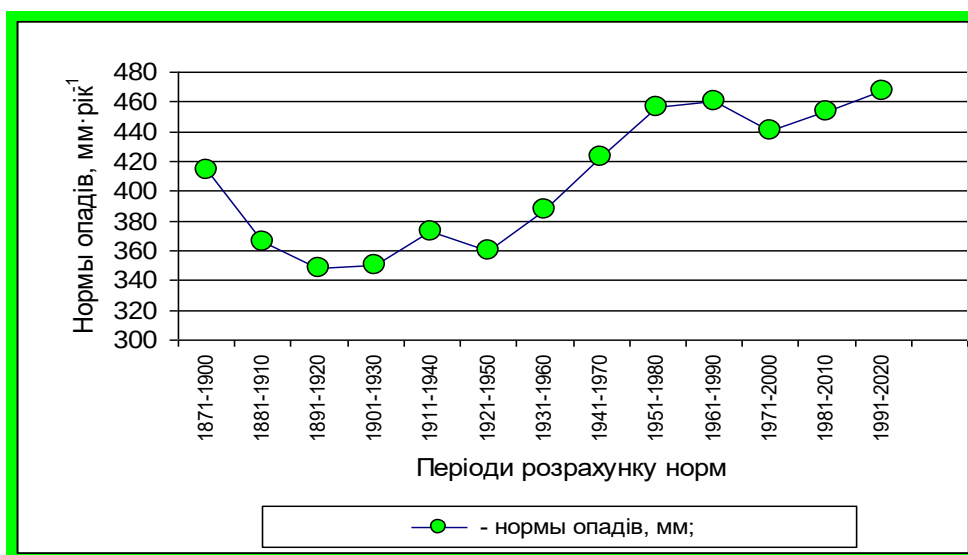


Рисунок 2.9 – Мінливість норм річних сум опадів з 1900 р.

Норми в цей період дорівнювали 348-350 мм. Далі кількість опадів почала зростати й до поточного десятиліття, що закінчується, зросла майже на 30%.

Це зростання відбувалось не монотонно: його забезпечили шість 10-річних шаблів вгору проти двох вниз.

Норми розраховуються як середні значення метеорологічних параметрів за ті 30-річні відрізки часу, номер останнього року яких закінчується цифрою 0, наприклад, норми на наступне 10-річчя до 2030 р. визначаються як середні за відрізок 1991-2020 рр.

Річна норма суми опадів на 2011-2020 рр. дорівнювала 453 мм, що на 13 мм більше норми попереднього десятиріччя. Суми атмосферних опадів, річні і, особливо, місячні, змінюються в дуже широких межах, що ілюструють такі приклади.

Максимальна в поточному десятиріччі, і вона ж рекордна за весь час метеоспостережень в Одесі, річна сума опадів 752 мм (166% норми) була зафіксована в 2016 р. (рис. 2.10). Зовсім трохи поступається йому 2010 р.

А мінімальна за 9 років поточного десятиліття, що вже закінчилися, сума опадів відзначено в 2013 р. і вона дорівнює 351 мм (77% від норми). Різниця більш ніж в два рази.

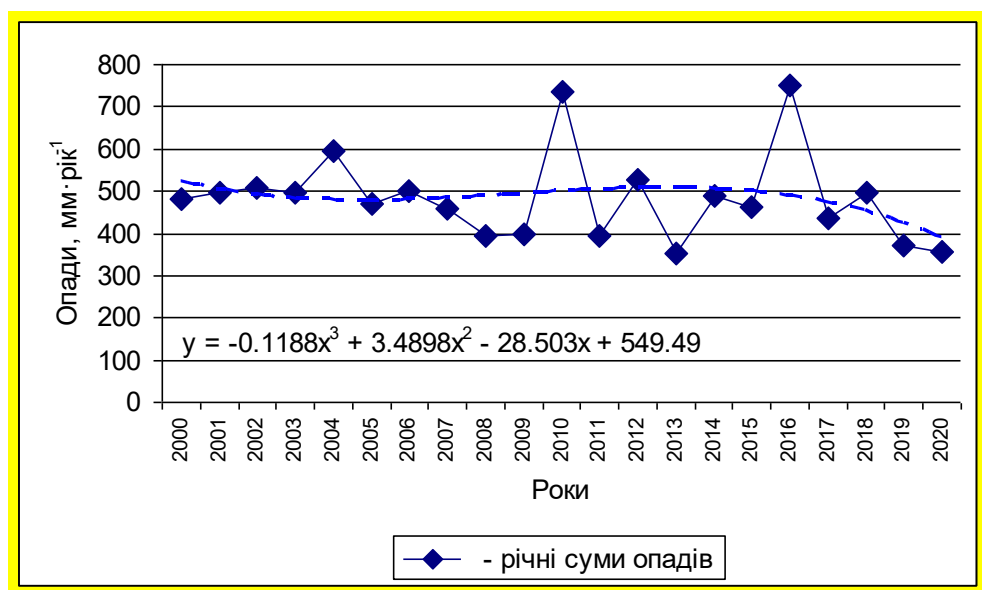


Рисунок 2.10 – Річні суми опадів з початку XXI сторіччя, мм·рік⁻¹.

Що стосується місячних сум опадів, в 2020 році максимальні опади припали на травень – 81 мм, що в два рази вище норми. Ця обставина була обумовлена проходженням холодних атмосферних фронтів, внаслідок формування низьких циклонів в районі атлантичного океану та їх послідуємим перенесенням на схід.

Максимальне значення в поточному десятилітті зафіксована в жовтні 2016 року – 181 мм (517% від жовтневої місячної норми) (рис. 2.11). І це ще не рекорд, а рекорд трапився в жовтні 1939 р. й складає 194 мм. Другим, судячи з малюнка, в цей рік був вересень. Цікаво, що з 114 мм опадів за цей місяць 113 мм випало за одну добу, 20 вересня.

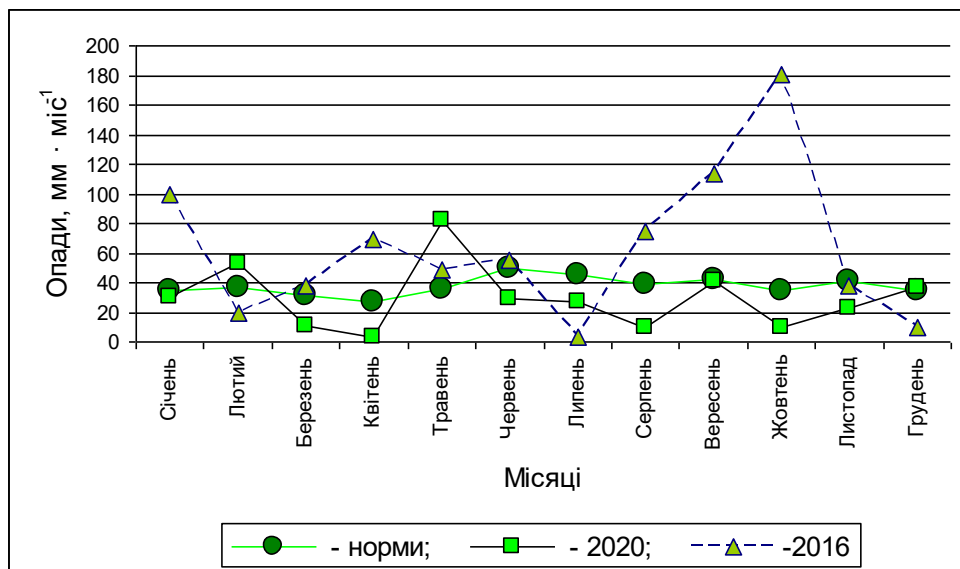


Рисунок 2.11 – Місячні суми опадів: норми, в 2020 і самому вологому за весь час спостережень в Одесі 2016 року.

З іншого боку навіть в самому вологому 2016 році, в липні, випало лише 3 мм опадів (6% від норми), а абсолютно мінімальні місячні суми опадів, менше яких і бути не може, рівні 0 і такі були зафіксовані в поточному десятилітті тричі, причому у різні сезони: в листопаді 2011, в грудні 2015 і в серпні 2018 років.

І останній приклад великої мінливості місячних сум опадів: середня сума опадів трьох самих сухих місяців, як впливає з попереднього абзацу, дорівнює 0, а середня сума трьох найвологіших дорівнює 132 мм.

В грудні 2020 р. випало 37 мм опадів, а за весь рік 356 мм. Тому найпосушливішим роком останнього десятиліття з сумою опадів 351 мм залишився 2013 р. Отже, норма опадів на наступне десятиліття збільшилася на 13 мм до 466 мм.

Потепління призводить до збільшення випаровування з водної поверхні і тим самим помітно впливає на стан навколишнього середовища. Позитивний баланс між випаровуванням і опадами особливо загострюється в посушливі періоди, до яких відноситься 2020 рік. Прикладом може служити помітне скорочення в літній період площі водного дзеркала Куяльницького лиману рис. 2.12



Рисунок 2.12 – Куяльницький лиман 30 серпня 2020 року (супутник Sentinel-2 Білим кольором виділяється на оголеному узбережжі відкладення солі)

3 МІНЛИВІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНИХ УМОВ В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПНЗЧ ЧМ У 2020 РОЦІ

3.1 Температура морської води



Рисунок 3.1– Температура морської води за даними ГМС Одеса-Порт
за 2020 рік

Річний графік розподілу середньодобової температури води (рис. 3.1) відображає її сезонний хід і показує, що до вересня, мінливість температури носила хвилеподібний характер з неперіодичними коливаннями середньої амплітуди порядку 1- 3 °C. У другій половині року добові коливання помітно зменшилися.

Абсолютний максимум температури морської води біля узбережжя Одеси в 2020 р. відзначений 5 липня в 12 годин і склав - +25,3 °C, а абсолютний мінімум - +3,0 °C 20 січня о 6 і 18 годині, а також о 00:00 годин 21 січня.

На графіку виділяються три проміжних мінімуму. Літній – в липні виник в результаті дії затяжного апвелінгу, коли температура води впала на 7 °C, два інших в січні і листопаді були викликані адвекцією більш прісних і холодних вод Дніпро-Бузького лиману і супроводжувалися зниженням солоності (див.

рис.2.7).

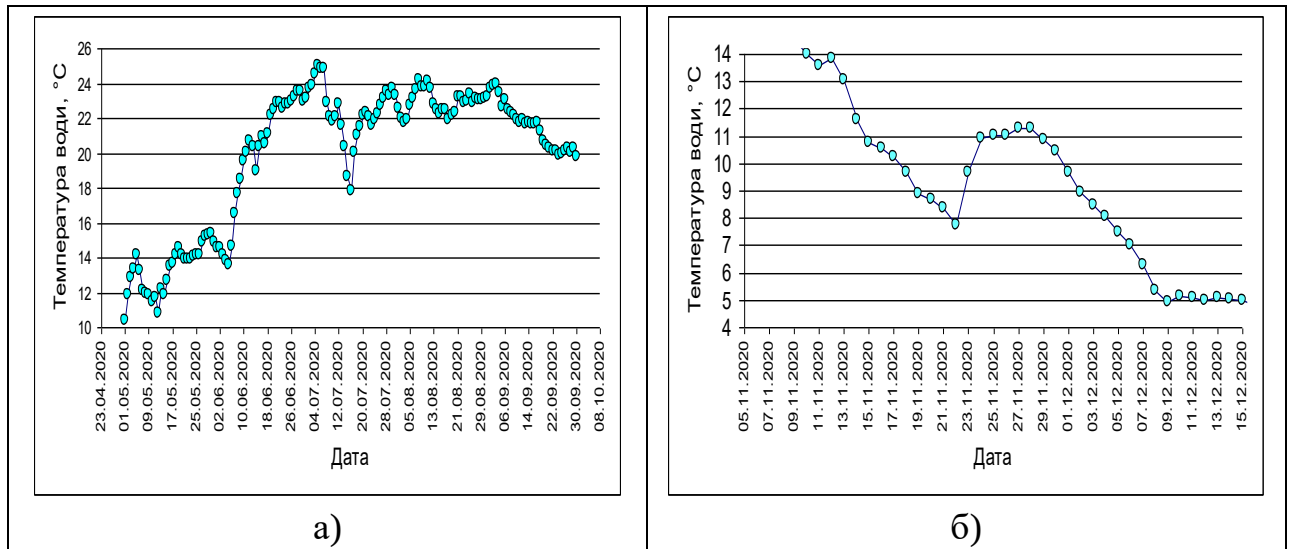


Рисунок 3.2– Температура води за даними ГМС Одеса-Порт: а) з травня по серпень 2020 року; б) за листопад та грудень 2020 року.

Липневий апвелінг вплинув на середньомісячне значення температури води але тим не менше це не завадило залишитися їй вище норми.

Значна для гідробіологічних процесів, температура води 10 °C відзначалася з 23 квітня, стійко досягла цієї позначки 01 травня, що на 20 днів пізніше, ніж в 2019 році. Нижче 10 °C температура опустилася після 1 грудня, що так само пізніше, ніж в минулому році, на 5 днів.

Річна норма температури морської води в Одесі, діюча до 2020 року включно, дорівнює 11,4 °C, що на 0,5 °C вище, ніж в попереднє десятиліття. Зміни температури морської води (T_w) (рис. 3.2; 3.3) і температури повітря (T_a) (рис. 2.3) управляються одними факторами, головний з яких потік енергії від Сонця, а другий – синоптичні процеси в атмосфері. Тому зміни обох температур тісно пов'язані. Тож не дивно, що коефіцієнт кореляції між рядами по 119 середньомісячних значень цих параметрів (майже за 10 років, без останнього грудня) дорівнює 0,97, адже той і інший ряд містять такий потужний сигнал від Сонця, як річний хід.

Однак і річні середні, з яких річний хід виключений за рахунок усереднення місячних значень, демонструють хорошу узгодженість змін:

коефіцієнт кореляції між рядами за 30 років, з 1991 р., дорівнює 0,88, а за 10 років, з 2011 р., дорівнює 0,73. Дві основні закономірності змін T_w і T_a полягають в наступному: по-перше, при усередненні за періоди, які кратні році практично завжди T_w вище T_a , а, по-друге, в тому, що в холодну частину кожного року T_w вище T_a , а в теплу – навпаки.

Перша закономірність пояснюється тим, що влітку температури води і повітря розрізняються значно менше, ніж взимку, коли температура води в морі не опускається нижче $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура повітря може бути нижче і -10 , і $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В ряду з 102 пар середніх річних температур ця закономірність порушувалася лише 4 рази. Ці рідкісні аномалії виникають при поєднанні виключно теплої зими, коли температура повітря практично не опускається нижче нуля, і наступного за нею прохолодного літа. Така ситуація склалася в 1990, 1993 і в зовсім недавніх 2017 і 2019 рр. У ці роки середні за рік, температури повітря виявилася вище температури води усього на $0,1 - 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Друга закономірність не порушувалася ні разу. Згідно місячним нормам температур на 2011-2020 рр., вода в морі, з вересня одного року по лютий наступного, тепліше повітря. У березні норми обох температур рівні $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а з квітня по серпень вода в морі прохолодніше повітря.

Великий виграш в запасі тепла вода набуває восени, коли її температура знижується значно повільніше, ніж температура повітря. В цей час позитивна різниця T_w і T_a зазвичай дорівнює $3 - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а, наприклад, восени і взимку 2011/12 рр. вона перевищувала 5, а в січні досягла $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Останній 2020 рік став найтеплішим в Одесі за всю історію метеоспостережень не тільки по температурі повітря, $13,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, але і по температурі води – $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

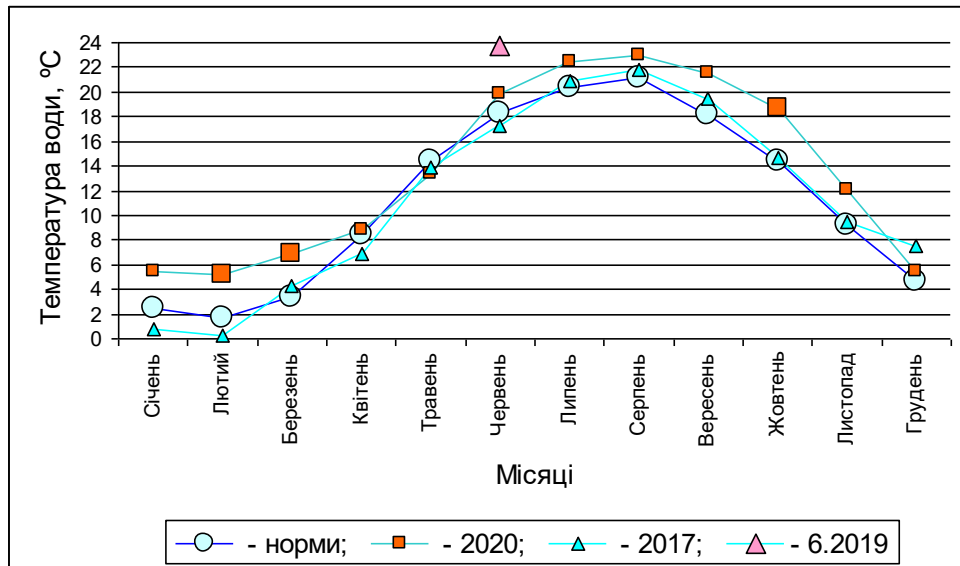


Рисунок 3.3 – Деякі характеристики мінливості температури морської води в Одесі в 2011-2020 рр.: місячні норми, фактичні місячні середні самого теплого 2020 і самого холодного року 2017 р., а також рекордні місячні середні у червні 2019 (рожевий трикутник) і в лютому, березні, жовтні 2020 рр. (великі чотирикутники).

До цього першим по температурі морської води був 2010 р., але не дивлячись на те, що за ним залишилися максимальні, в тому числі рекордні, літні температури, він поступився 2020 року за рахунок трьох зимових, трьох осінніх місяців і березня.

Таким чином, в ряду по спадаючій середньорічних температур морської води 2010 р. став другим, але він запам'ятається тим, що в липні - серпні протягом 38 днів поспіль температура води перевищувала 25, а протягом 5 днів досягала 30 °C. Саме в ці дні, 11 серпня, був зафіксований абсолютний рекорд температури морської води в Одесі 30,2 °C.

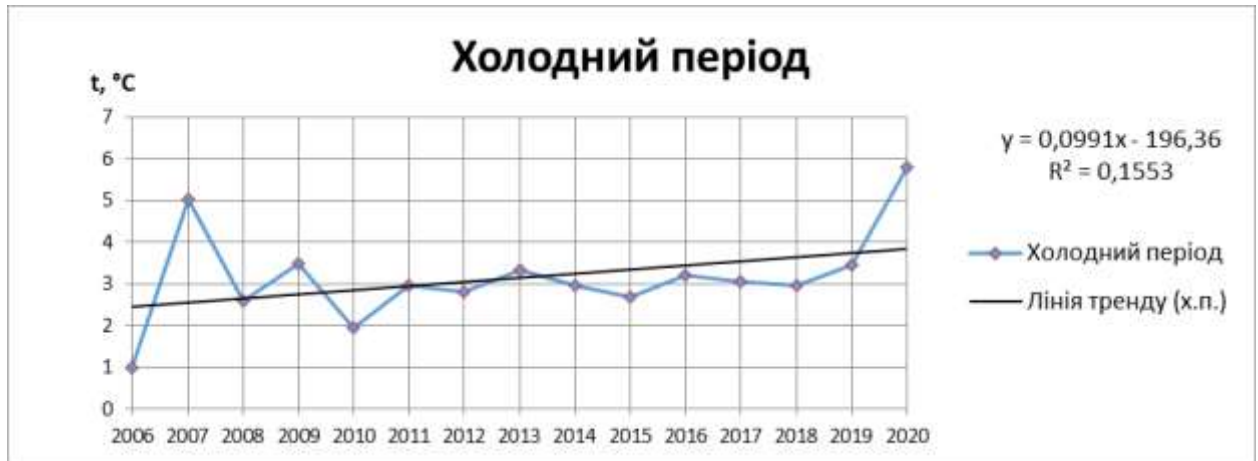
Третім у списку найтепліших за температурою води став 2012 р. (13,0 °C). Крім нього в першу десятку цього списку входять ще два роки (2018 і 2014) з останнього десятиліття з середніми температурами 12,8 і 12,6 °C, відповідно.

Ще п'ять років з десятиліття, що закінчилося, з температурами від 12,4 до 12,0 °C, розташувалися в другій десятці і самий прохолодний 2017 р., з

температурою 11,4 °С, замикає третю.

При очевидному зростанні багаторічний температури, літній і зимовий тренд її ходу відрізняються один від одного.

На рис. 3.4 а) та б) наведені графіки багаторічного ходу температури води осередненої за три теплих (червень липень, серпень,) і три холодних місяці (січень, лютий, березень)



а)



б)

Рисунок 3.4 – Графіки багаторічного ходу температури води осередненої за три місяця: а) - холодний період, б) - теплий період

Аналіз графіків показує, що холодні місяці вносячи більший внесок у зростання середньорічної температури води. На графіку літнього періоду тренд практично відсутній. Аналогічні процеси ми спостерігаємо и в атмосфері.

Рекордні високі середньомісячні значення температури води й повітря у жовтні цілком пояснюються переважним переміщенням теплих повітряних мас з півдня (рис 3.5), які викликані виходами антициклонів з району Середземного моря, а також наявністю блокуючих антициклонів з центрами над східноєвропейською рівниною, які запобігали поширенню холодних повітряних мас з заходу.

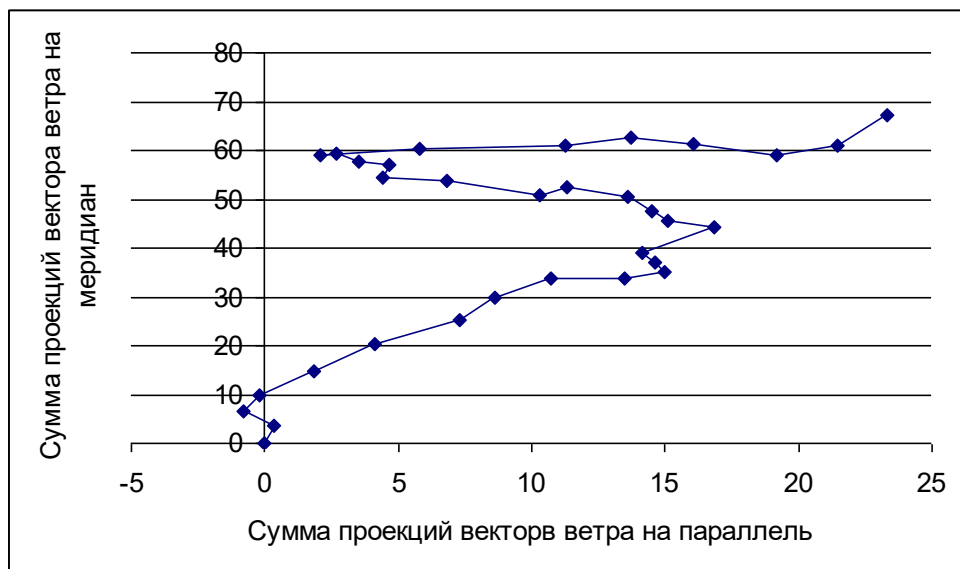


Рисунок 3.5 – ПДВ середньодобових векторів вітру за жовтень 2020 р.

3.2 Солоність морської води

Річна норма солоності морської води за даними ГМС Одеса-Порт, діюча до 2020 року включно, дорівнює 14,01 опс.

В попередньому десятилітті норма була трохи вищою, 14,16 опс, а в наступному, швидше за все, буде трохи нижче. Внаслідок високої мінливості здається, що солоність від місяця до місяця змінюється випадковим чином, але місячні норми показують, що солоність має добре виражений і фізично обумовлений річний хід (рис. 3.6).

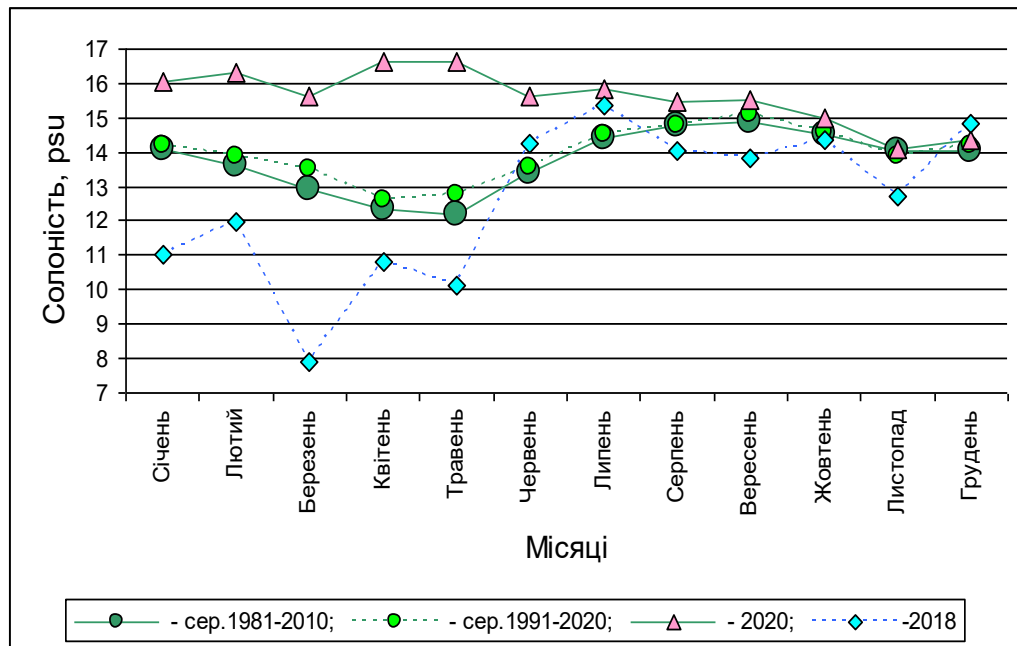


Рисунок 3.6 Деякі характеристики мінливості солоності морської води в Одесі: місячні норми, які діяли в 2011-2020 рр., місячні норми, які будуть дійсними в 2021-2030 рр., фактичні місячні середні 2020 і 2018 рр., які мали в останньому п'ятиріччі найвищу і найнижчу середньорічну солоність.

У квітні-травні паводкова хвиля Дніпра (в піку стік $5,5 \text{ км}^3$ в місяць) досягає Одеси, що призводить до мінімуму місячної норми солоності близько 12,2 опс.

У серпні і вересні, до ефекту від зменшення стоку дніпровської води до мінімуму близько 2 км^3 в місяць, додається ефект від максимальної позитивної різниці «випаровування - опади» (153 і $147 \text{ мм} \cdot \text{міс}^{-1}$). Саме в ці місяці норми солоності досягають максимальних значень (14,8 – 14,9 опс).

Середні місячні значення солоності з 2011 по 2020 р. в основних рисах повторюють кліматичний хід, але весняний мінімум збільшився до 12,7 опс і поширився з травня на березень та лютий. Літньо-осінній максимум припадає теж на вересень, 14,64 опс, але поширюється не на жовтень, а на серпень, 14,36 опс і на липень 14,62 опс.

У 2011-2018 рр. середньорічні солоності були нижче норми. На такому тлі винятком виглядає позитивна, + 6%, аномалія 2019 р.

Несподівано щодо солоності протікає останній 2020 р. Найбільш високі за вже минулих 11 місяців найвищі середньомісячні солоності, більш 16,6 опс, були відзначені в квітні-травні, а це є місяці кліматичного мінімуму солоності. Навпаки, в місяці кліматичного мінімуму солоності, вересні-жовтні, були відзначені її середні значення, а мінімальна середньомісячна солоність, близько 14,1 опс припала на листопад.

Якщо солоність останнього місяця грудня буде близька до норми, то 2020 р. потрапляє в трійку років з найбільш солоною водою. При цьому, хоча середнє значення солоності за 30 (1991-2020) років, тобто норма, зміниться тільки в сотих частках опс.

4 БАГАТОРІЧНА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ ДУНАЮ

Стік рік і винос біогенних і забруднюючих речовин багато в чому обумовлює ступінь антропогенного навантаження на водне середовище.

Річна норма водного стоку Дунаю на 2011-2020 рр. дорівнює 205,8 км³. Крайні за величиною річні стоки за вказаний період розрізняються більш ніж в 2,2 рази (табл. 4.1). Незважаючи на те, здається, що 30-літні середні достатньо стійкі. Вказана норма лише на 1% менше норми попереднього десятиліття і на стільки ж, по оцінці, буде більше наступної.

Таблиця 4.1 – Розділ водного стоку Дунаю за періоду, с 1981 по 2020 рік на багатоводні, нормальні і маловодні роки.

Рік	Ср. річ. (км ³)	Рік	Ср. річ. (км ³)	Рік	Ср. річ. (км ³)	Рік	Ср. річ. (км ³)
2010	299.4	2002	216.9	2001	203.3	2007	176.5
2005	269.4	2000	214.1	1985	199.6	1992	172.2
2006	260.1	1987	212.7	1984	199.3	2012	169.7
1981	258.7	2004	209.7	2015	197.8	1983	168.8
1996	236.5	1995	209.6	1991	196.0	2011	168.3
2014	227.3	2016	208.4	1986	194.0	2017	167.9
2013	227.0	1988	207.2	2008	188.5	2003	158.1
1997	224.5	2018	205.7	2019	181.5	1993	153.7
1982	222.8	1999	205.1	1994	180.5	2020	146.5
1998	221.3	2009	204.0	1989	178.4	1990	132.5

Розділ стоків на три категорії проводився за дуже простою і абсолютно об'єктивною методикою. Критерії розділу визначаються статистичними властивостями самого ряду, а саме його середнім значенням и його стандартним відхиленням. Межі діапазону нормальних стоків визначаються як сума і різниця середнього и стандартного відхилення. Вони ж служать нижньою межею високих і верхньою межею низьких стоків.

Мінливість стоку Дунаю від місяця до місяця і від року до року велика.

Однак при усередненні місячних значень за 30 років, тобто на місячних нормах, річний хід проглядається цілком чітко. Річний цикл стоку має правильний хід – один максимум навесні (під час повені), переважно в квітні, і один мінімум восени (межень), переважно у вересні (рис. 4.1).

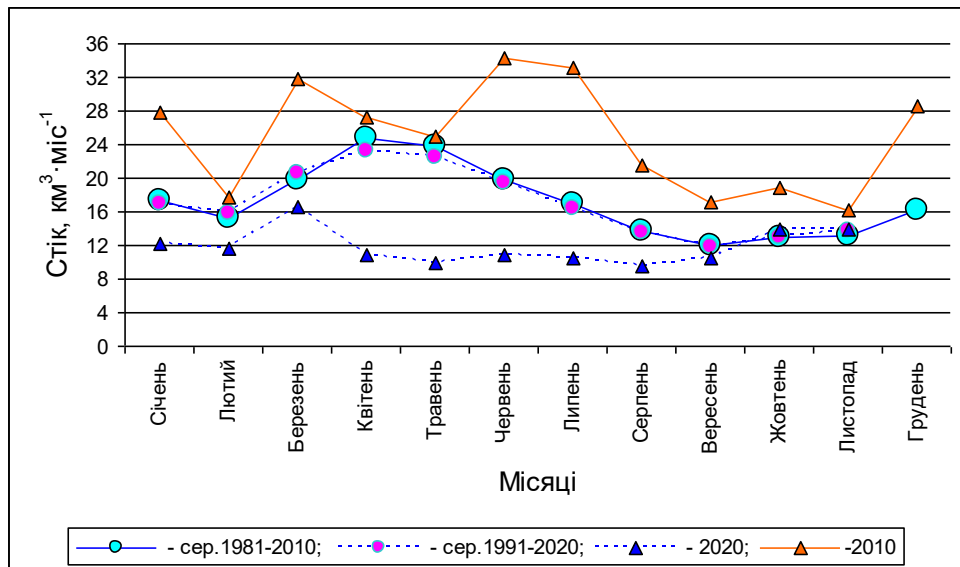


Рисунок 4.1 – Деякі характеристики водного стоку р. Дунай за даними Ізмаїльської ГМС з 1980 р.: місячні норми, які діяли в 2011-2020 рр., місячні норми, які будуть дійсними в 2021-2030 рр., фактичні місячні середні за звітний 2020 р. з надзвичайно малим стоком і для порівняння 2010 рр. – останній за часом рік, який безумовно відноситься до багатоводних.

Проте часто, описана закономірна зміна стоку сильно спотворюється паводками, які викликаються якими опадами в басейні річки. Площа басейну Дунаю більше 800 тис. км², що, до речі, на третину перевищує площу всієї України. Паводкові стоки іноді перевищують повінь. Вони траплялися в усі місяці, крім вересня і жовтня.

Малюнок підтверджує що річний хід стоку Дунаю стійкий, хоча індивідуальні стоки різних літ можуть сильно розрізнятися як за величиною, так и за характером.

Так, якщо стік Дунаю останнього місяцю звітного 2020 року, буде близько

норми, сумарній річної стік виявиться менше за стік найближчого багатоводного 2010 року рівно в 2 рази.

Ще сильніше стоки цих років розрізняються по характеру. Міцну повінь в березні 2010 року доповнили ще більш міцні паводки в червні і липні. В 2020 році був лише слабкий натяк на повінь в березні ($16.3 \text{ км}^3/\text{с}$) який не дав товчку весняному розвитку гідробіологічних процесів морської екосистеми ПнЗЧ ЧМ.

Тут доречно сказати, що відсутність повені рідке але не унікальне явище: не було повені з лютого по травень в 1990, 1991, 1998, 2002, 2011 і 2014 роках.

5 ПОШИРЕННЯ ШЕЛЬФОВИХ ВОД В ПНЗЧ ЧМ У 2020 РОЦІ

Процеси перемішування річкового стоку з водами відкритого моря в ПнЗЧ ЧМ один з основних факторів, що впливають на екологічну структуру морського середовища району. Про інтенсивність цих процесів можна судити по супутниковим знімкам рис. 5.1; 5.2.

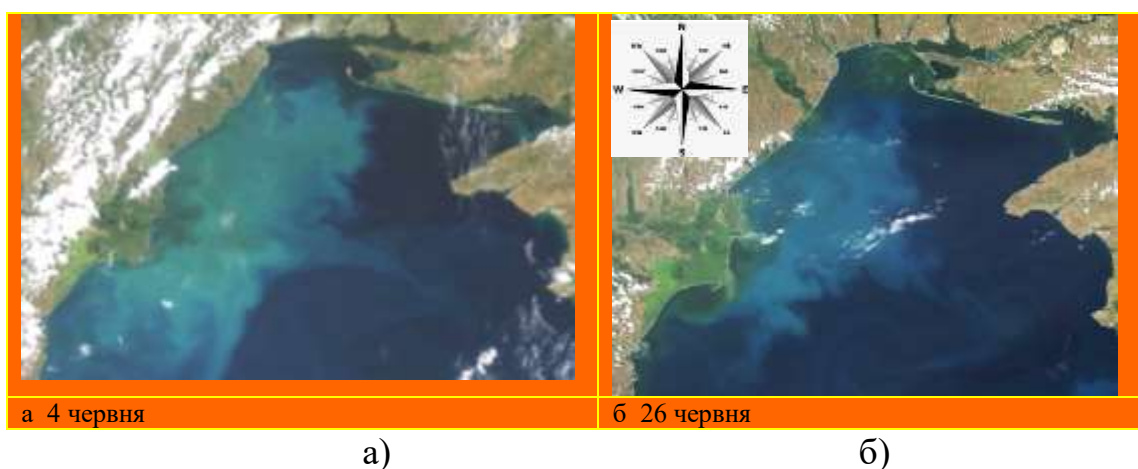


Рисунок 5.1 – Знімки «AERONET» поверхні ПнЗЧ ЧМ: а) - 4-го та б) - 26-го червня.

Буро-зелений і бірюзовий кольори води виділяють різні види фіто та зоопланктону, останній з яких поширюється з району Дунаю до Тендрівської коси та також в напрямку відкритого моря. Де потрапляє в зону дії Севастопольського вихору(СВ). Добре видно як каламутні потоки виходять з дунайських гирл, причому 4-го червня вони спрямовані на північ, а 26-го під впливом зміни напрямку приводного вітру змінюють свій напрямок на південь.

Один з випадків впливу гідродинамічної обстановки на розподіл фітопланктону показано на рис. 5.2

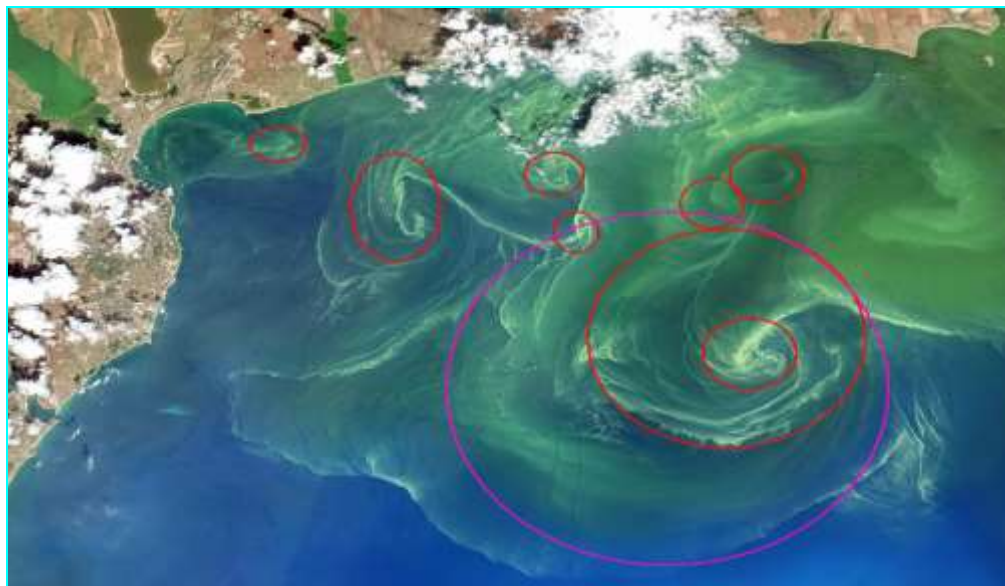


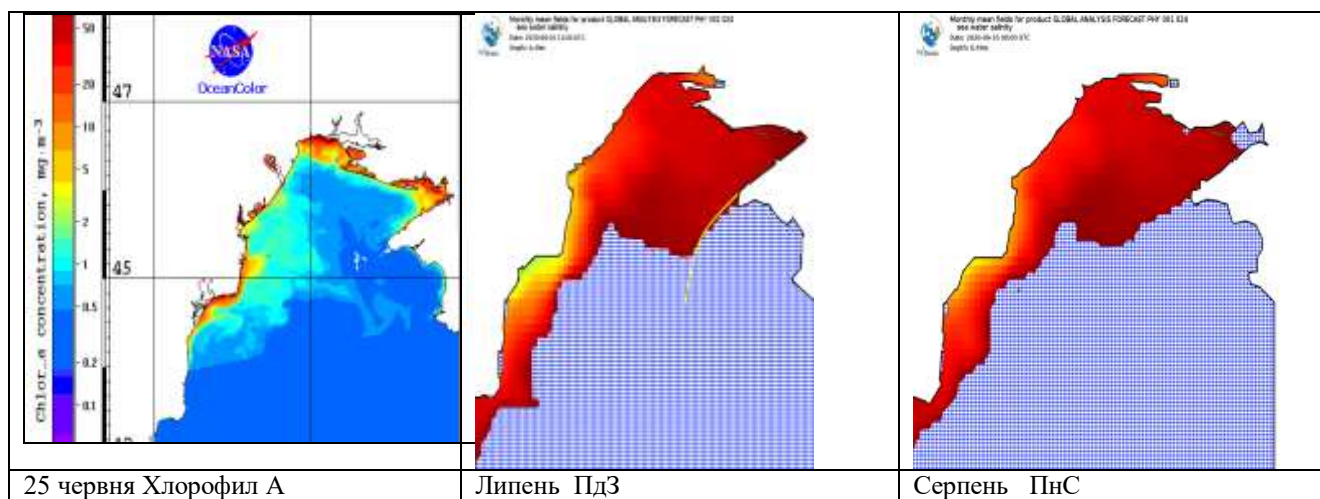
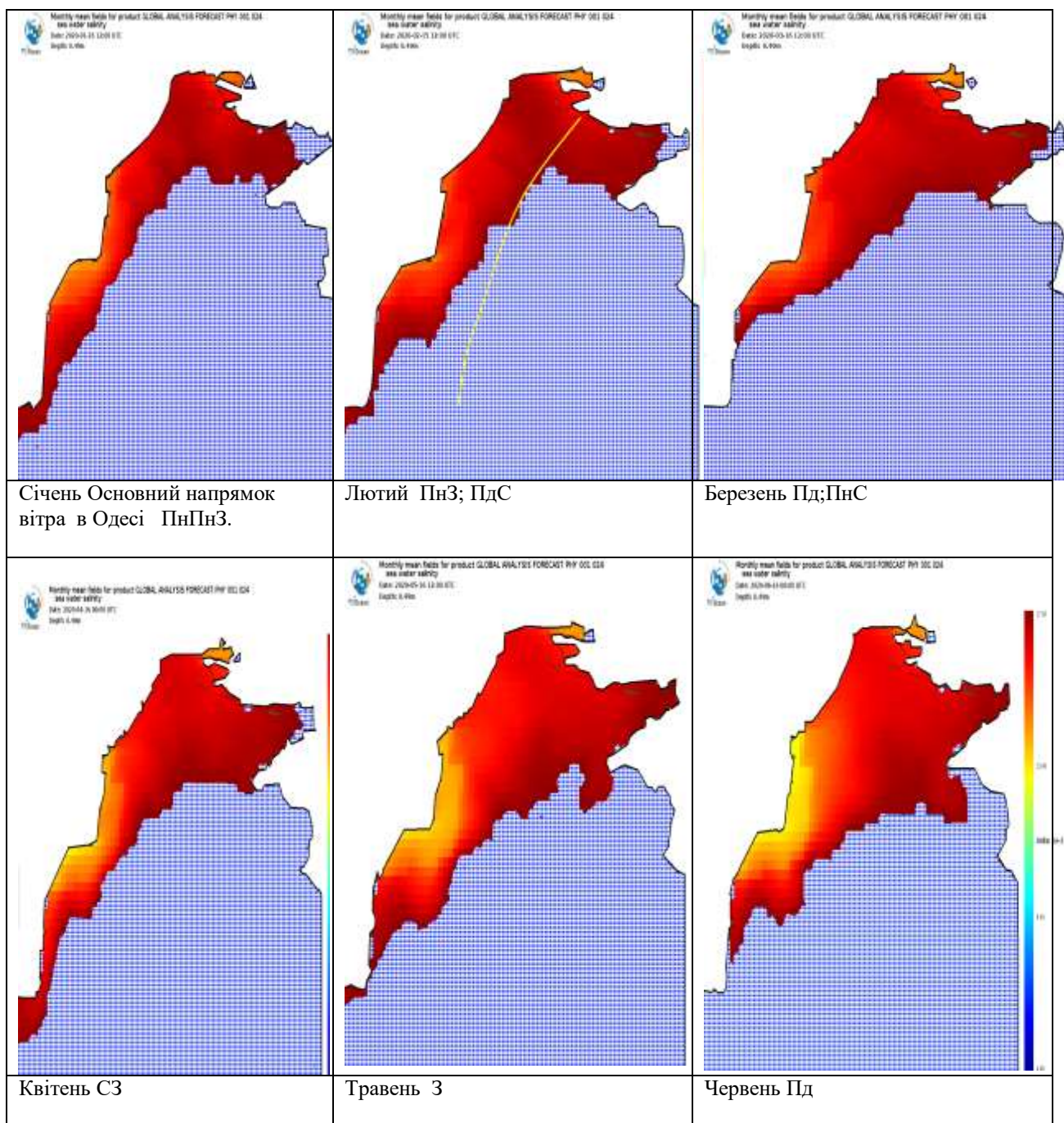
Рисунок 5.2 Знімок високої якості від 28 червня 2020 року (Sentinel-2) Кругами виділені ділянки завихрень.

Спіралеподібна форма розподілу нодулярії (жовті ниткоподібні лінії) виникла в результаті процесів утворення вихорів внаслідок перемішування вод із лиманів й модифікованих морських.

Середньомісячна межа поширення ШВ в 2020 році показана на рис. 5.3. Вона визначалася по розташуванню ізогаліній 17.5 опс. отриманої через систему морського моніторингу Copernicus.

На її конфігурацію в основному впливали мінливість стоку Дунаю, вихід прісноводних вод з Дніпро-Бузького та Дністровського лиманів а також напрямок та інтенсивність поверхневих течій.

Також на рис. 5.3 нанесені (жовтий колір) середньостатистичні межі поширення ШВ в зимовий і літній сезони, отримані в результаті обробки даних за 1955-2005 роки [1].



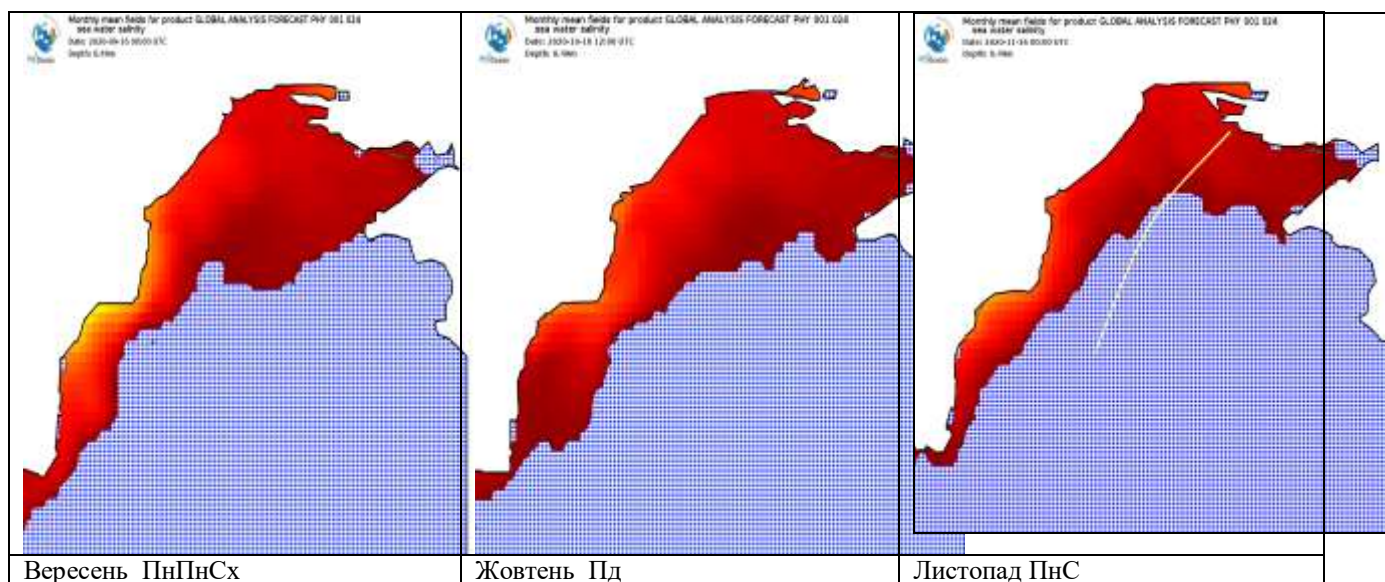


Рисунок 5.3 – Поширення шельфових вод на ПнЗЧМ в 2020 році – червоним кольором виділені води з солоністю менше 17.5 опс.

Звертає на себе увагу, що протягом всього року ШВ перебували в Каркінітській затоці, включаючи і зимовий період. Два місяці у березні та червні ШВ не поширювались уздовж західного узбережжя, ця ситуація можливо пов'язана з присутністю південній складової в напрямку приводного вітру. Максимальну площину ШВ займали в червні.

Внутрішньо місячний річковий стік в 2020 році носив хвилеподібний характер і багато в чому визначався атмосферними опадами. Значний обсяги прісноводних вод виходили на дунайське узбережжя епізодично в літні місяці. У червні спостерігався процес виходу вод з підвищеним вмістом хлорофіла-*a* в область схилового Севастопольського вихору (рис. 5.3 25 червня Хлорофил *a*). Останній раз така ситуація спостерігалась два роки тому.

Відзначимо добрий якісний збіг знімків «AERONET», із зображенням отриманим NASA від 25 червня.

У 2020 році площа шельфових вод в ПнЗЧМ була менше багаторічної середньостатистичної, що пов'язано з дефіцитом прісноводного стоку.

6 ВІТРОВЕ ХВИЛЮВАННЯ ТА РЕЖИМ ВІТРУ В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ В ВЕСНЯНО-ОСІННІЙ ПЕРІОД 2020 РОКУ



Рисунок 6.1 – У берегів Одеси 05 вересня 2020 року
(<https://od-news.com/tag>)

Аналізуються сукупність інструментальних показань океанографічного буя на рейді Одеського порту. Спостереження проводилися з 17 квітня по 10 листопада 2020 р.

Розглянемо повторюваність швидкості вітру в період спостережень, розбиваючи по градаціях, прийнятим в гідрометслужби - $0 \div 5$ м/с (слабкий), $5 \div 9$ м/с (помірний), > 9 м/с (сильний).

Таблиця.6.1 – Повторюваність (%) швидкості вітру по градаціях

2020 р.	$<5,0$ м/с	$5,0 \div 9,0$ м/с	$9,0 \div 15,0$ м/с	макс. м/с	серед. м/с
Квітень	50,3	41	7,4	11,0	5,2
Травень	59,5	37,4	2,3	12,3	4,6
Червень	73,9	22,2	0,2	9,2	3,4
Липень	82,4	16,2	0,1	8,1	3,3
Серпень	69,9	28,4	0,6	9,1	3,5
Жовтень	53,4	44,9	0,3	10,0	4,7
Листопад	14,8	83,6	0,1	9,0	5,8
	59,5	40,2	0,3		

Звертає на себе увагу високий відсоток слабких вітрів за всіма місяцями спостережень, за винятком листопада (14,8 %). Відсоток повторюваності швидкості вітру менше 5 м/с перевищує 50 %. Досить високий рівень також помірних вітрів, виключаючи першу декаду листопада, де відсоток повторюваності досяг 83,6 %. Середні швидкості вітру, в основному, менше 5 м/с. Максимальна швидкість вітру досягла 12,3 м/с. В цілому на слабкі та помірні вітру в весняно-осінній сезон 2020 р довелося 96,8 %.

Переважаючими були вітри наступних напрямків: ПдС-Пд-ПдЗ (37,3 %), ПнЗ-Пн-ПнС (28,6%), ПдЗ-З-ПнЗ (24,2%) і ПнС-С-ПдС (10,8%) (табл. 2), що обумовлено, в першу чергу, середземноморськими циклонами, що проходили вздовж південного узбережжя ЧМ (37,3%), зростанням ролі атлантичних циклонів в листопаді (42,2%), та антициклональними вихорами в липні (34,7%) і серпні (38,7%).(<https://www.wetterzentrale.de/>)

Таблиця 6.2 – Повторюваність (%) напрямкі ввітру по градаціях

2020 р.	ПнС-С-ПдС	ПдС-Пд-ПдЗ	ПдЗ-З-ПнЗ	ПнЗ- Пн-ПнС
Квітень	4,9	46,6	26,6	21,9
Травень	10,4	37,2	26,9	25,5
Червень	13,6	47,4	21,2	17,8
Липень	12,6	33,9	18,8	34,7
Серпень	12,5	26	22,8	38,7
Жовтень	23,9	34,8	17,3	24
Листопад	7,7	11	39,1	42,2
	10,6	37,1	24,1	28,2

Розглянемо сезонний хід висоти хвилювання (табл. 6.3, рис. 6.2). Природно, що в весняно-літній період переважає хвилювання менше 0,5 м, що пов'язано з ослабленням циклогенезу в цей період, По всіх градаціях хвилювання найбільш спокійним місяцем виявилися липень (92,7%) та серпень (78,8%). Але і в червні та вересні відсоток істотних хвиль менше 0,5 м був більше, ніж 70%. У жовтні починається збільшення повторюваності висот хвиль по градаціях від 0,5 м і вище. Звертає на себе увагу той факт, що

практично за всіма місяцями спостережень більше 90% висот хвиль припадає на діапазон від 0,0 до 1,0 м. В жовтні до 37,3% зросла роль висот хвиль від 0,5 до 1,0 м та до 15,1% від 1,0 до 1,5 м. Середня висота хвиль коливалася від 0,3 до 0,6 м. Максимальна висота хвиль зареєстрована 27 вересня і склала 2,9 м.

Таблиця 6.3 – Повторюваність (%) висоти істотних хвиль

2020 р.	0,0 ÷ 0,5 м	0,5 ÷ 1,0 м	1,0 ÷ 1,5 м	1,5 ÷ 2,0 м	макс. м	серед. м
Квітень	57,1	34,0	9,0	0,9	2,4	0,5
Травень	67,9	26,5	5,2	0,1	2,7	0,4
Червень	73,8	23,1	3,2		1,9	0,4
Липень	92,8	6,7	0,5		1,3	0,3
Серпень	78,8	20,6	0,6		1,6	0,3
Вересень	71,7	22,4	4,2	1,8	2,9	0,4
Жовтень	41,1	37,3	15,0	3,3	2,7	0,6
Листопад	71,6	24,7	0,0	1,5	1,3	0,4
	69,1	24,4	5,1	1,4		

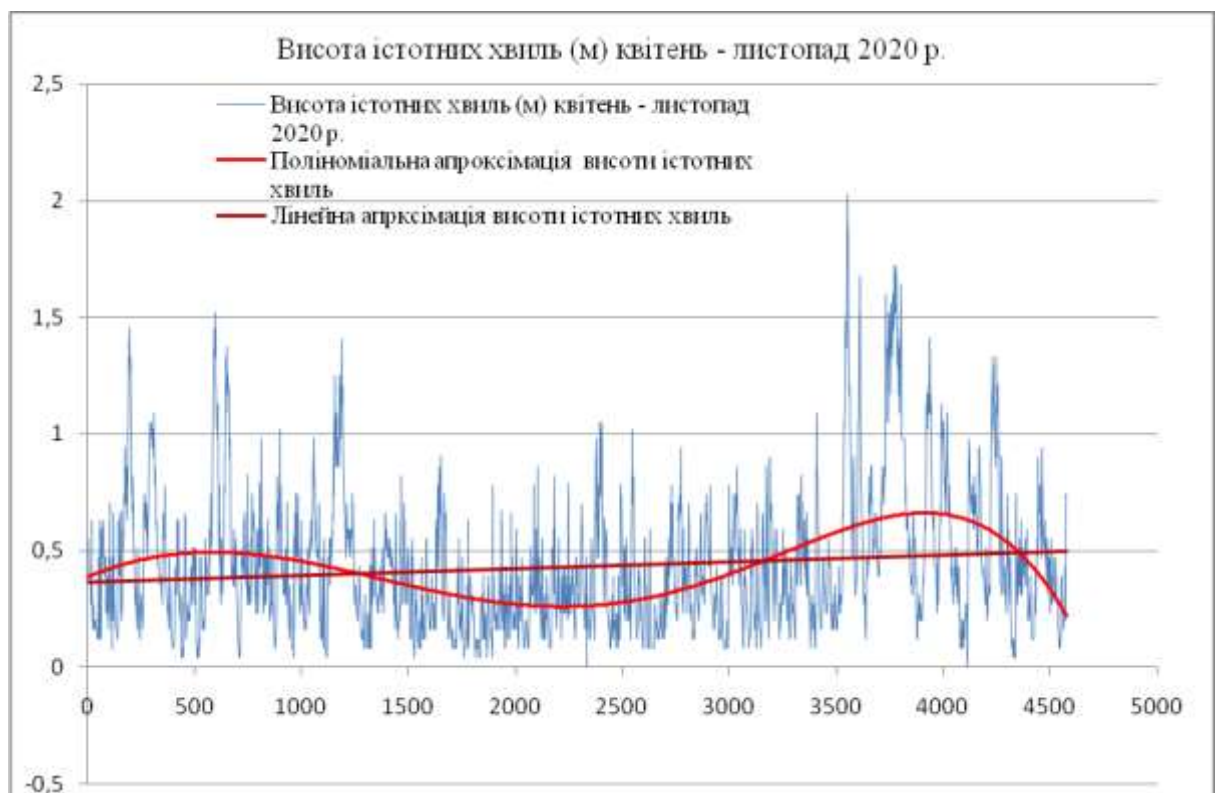


Рисунок 6.2 – Висоти істотних хвиль з квітня по листопад 2020 р.

Розглянемо характеристики напрямків хвилювання (табл. 4). Переважаючими напрямками для всіх місяців спостережень є хвилі ПдС-Пд-

ПдЗ (57,6%) і ПнС-С-ПдС (23,8%) напрямків, незначний внесок мають хвилі ПнЗ-З-ПнС (12,7%) напрямків.

Табл.6.4 – Повторюваність (%) напрямків істотних хвиль

2020 р.	ПнС-С-ПдС	ПдС-Пд-ПдЗ	ПдЗ-З-ПнЗ	ПнЗ-Пн-ПнС
Квітень	13,9	64,8	7,7	13,6
Травень	19,6	62	5,8	12,6
Червень	18,5	72,8	3,8	4,9
Липень	29,3	55,7	4,2	10,8
Серпень	31,5	53,4	4,5	10,6
Вересень	32,6	47,9	2,8	16,7
Жовтень	22,3	70,1	2,4	5,2
Листопад	25	36,6	9,5	28,9
	24,3	57,6	4,9	13,2
Вітер, % (тбл.6.2)	10,60	37,1	24,1	28,2

Переважаючими напрямками для всіх місяців спостережень є хвилі ПдС-Пд-ПдЗ(57,6 %) і ПнС-С-ПдС(24,3 %) напрямків, незважаючи на те, що ветрі ПдЗ-З-ПнЗ мають повторюваність 24,1 % хвилі цих напрямків вносять незначний внесок в загальне розподіл напрямків істотних хвиль 4,9 %.

7 КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ МОРСЬКОЇ ВОДИ ПРИБЕРЕЖНИХ І МОРСЬКИХ РАЙОНІВ ЧОРНОГО МОРЯ В 2020 РОЦІ В МЕЖАХ ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Аналіз просторово-часової мінливості розподілу температури поверхні Чорного моря виконувався на основі даних спектрорадіометра середнього діапазону спектру супутника MODIS-Aqua. (NASA)



Рисунок 7.1 – Супутник Aqua (ru.wikipedia.org)

Aqua - спільний проект між Сполученими Штатами, Японією і Бразилією. Наукова апаратура Aqua спрямована на: дослідження температури атмосфери, вологості, хмар, випадання опадів і радіаційного балансу; дослідження снігу та морського льоду; дослідження температури морської поверхні і продуктивності океану; дослідження вологості ґрунту; поліпшення точності прогнозування погоди; моніторинг динаміки земної і морської екосистеми.

Таблиця 7.1 – Деякі характеристики супутника Aqua
(<http://www.geogr.msu.ru/>)

Дата запуску	4 травня 2002р.
Висота орбіти	680 км
Маса	3114 кг
Кількість витків/день	14.56

Таблиця 7.2 – Основні характеристики апаратури MODIS на борту супутників Terra/Aqua

Номери каналів	Спектральний діапазон (мкм)	Просторовий діапазон (м)	Смуга огляду (км)	Повторюваність зйомки однієї території (для одного супутника)
1-2	0,62 - 0,88	250	2300	1-2 рази на добу, в залежності від широти місця зйомки
3-7	0,46 - 2,16	500	2300	
8-19	0,41 - 0,97	1000	2300	
20-25	3,66 - 4,55	1000	2300	
26	1,36 - 1,39	1000	2300	
27-36	6,54 - 14,39	1000	2300	

Більш детальну інформацію див, на сайті компанії [NASA](http://NASA.gov)

7.1 Районування Чорного та Азовського морів

ЧМ – внутрішнє море басейну Атлантичного океану, займає площу 436 402 км² та простягається між Європою та Західною Азією. Сполучене через протоку Босфор з Мармуровим, а далі через протоку Дарданелли з Егейським та Середземним морями. ЧМ омиває береги Болгарії, Грузії, Російської Федерації, Румунії та України.

Пунктом 1(d) статті 4 Директива про морську стратегію ЧМ визначено морським регіоном, при цьому Директива не визначає жодних під регіонів Чорного моря.

За геоморфологічними ознаками ЧМ розділяють на східну, західну і північно-західну (шельфову) частину. Північно-західна частина Чорного моря перебуває під впливом стоку трьох великих річок Дунаю, Дніпра і Дністра, стік

яких складає біля 260 км³ і значно впливає на формування поверхневих водних мас та формування біохімічного режиму вод як морського шельфу, так і моря в цілому. У зоні контакту прісної і солоної води формуються фронтальні зони з високими градієнтами солоності та значною зміною за іншими показниками морського середовища; однак, виділяються також і зони з відносно рівномірними характеристиками. Такі відносно рівномірні зони об'єднані в морські водні масиви різної типології для 1) прибережних вод, 2) ділянок морського шельфу та 3) ділянок відкритого моря, що представлені на рисунку 7.1.1 та у таблиці 7.3.1.

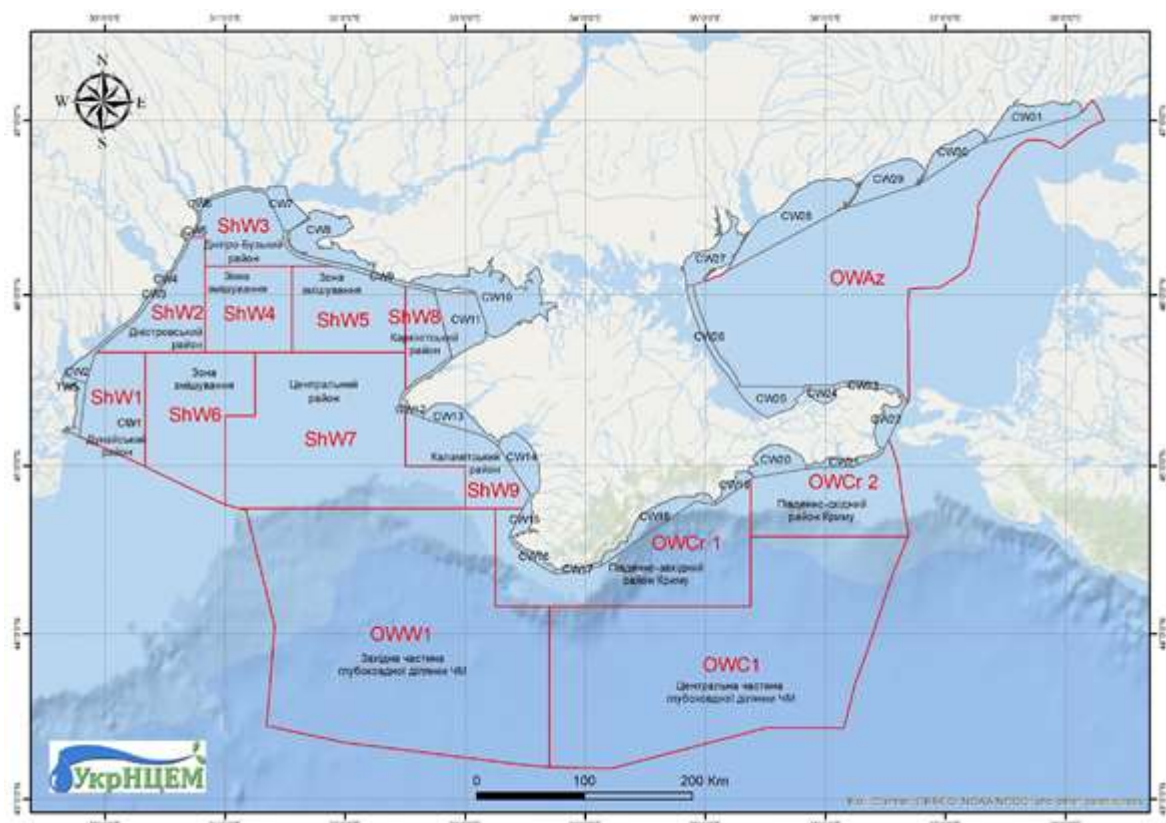


Рисунок 7.2 – Районування Чорного та Азовського морів

CW - (Coastal Waters) прибережні води;

ShW - (Shelf Waters) ділянки морського шельфу;

OW - (Open Waters) ділянки відкритого моря;

TW- (Transit Waters) ділянки транзитних вод.

7.2 Порівняння результатів спостережень на ГМС Одеса-Порт і супутниковими даними

ГМС Одеса-Порт розташовується в водному масиві CW-6 (Одеська затока) рис. 7.2 і проводить щоденні спостереження за температурою морської води. Супутник Aqua проходить над цим районом один раз в дві доби з дозволом сканування для температури поверхні води 1000 м. Складність інтерполяції і великий масив вихідних даних в даний час дозволяє отримувати інформацію з просторовим діапазоном 4x4 км (площа затоки 36 км.²).

Оскільки параметр дослідження цих двох абсолютно різних методів вимірювання є загальна температура верхнього шару води, ми порівняли їх результати в діапазоні середньомісячних значень. Показання супутника знімалися в центральній частині акваторії Одеської затоки. Для порівняння вибиралися дані супутникового сканування нічної температури поверхні, оскільки на неї не впливає денний радіаційний прогрів падаючим сонячним випромінюванням [2]. Графіки представлені на рис. 7.3

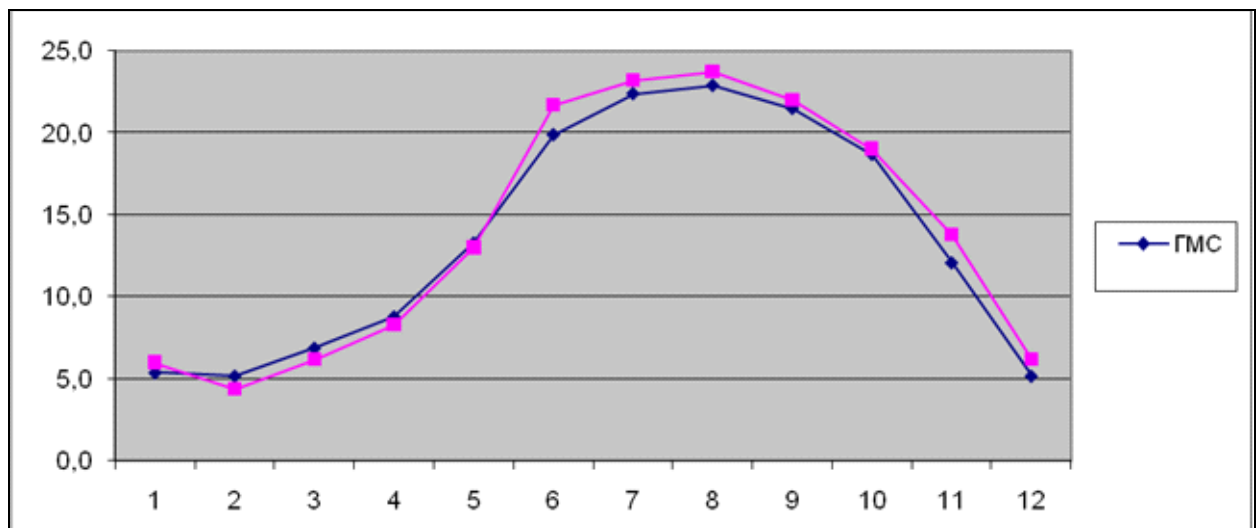


Рисунок 7.3 – Поєднані графіки середньомісячної температури води водного масиву CW-6 (Одеська затока), отримані за результатами спостережень ГМС і супутника Aqua.

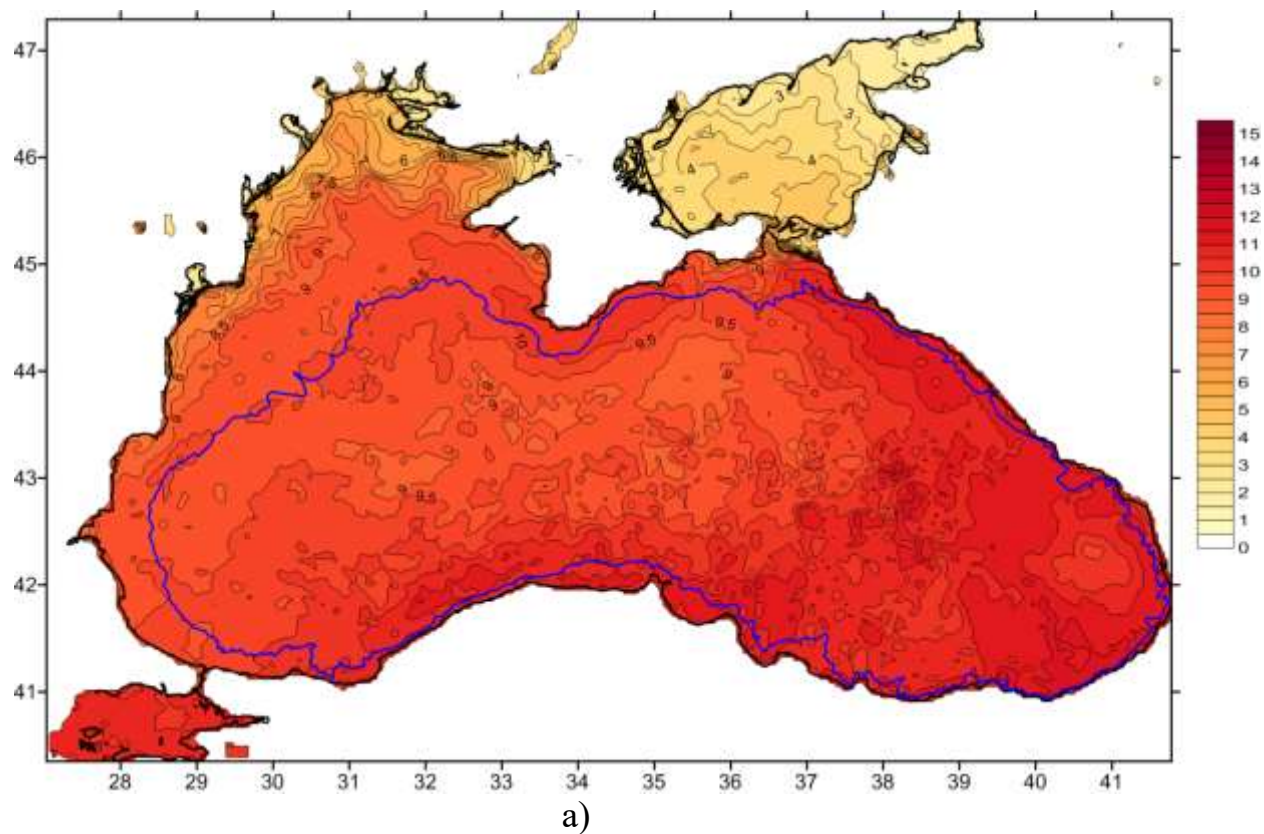
Результати порівняння можна оцінити, як цілком задовільні. Коефіцієнт кореляції між даними ГМС і супутниковими спостереженнями склав $K = 0,99$.

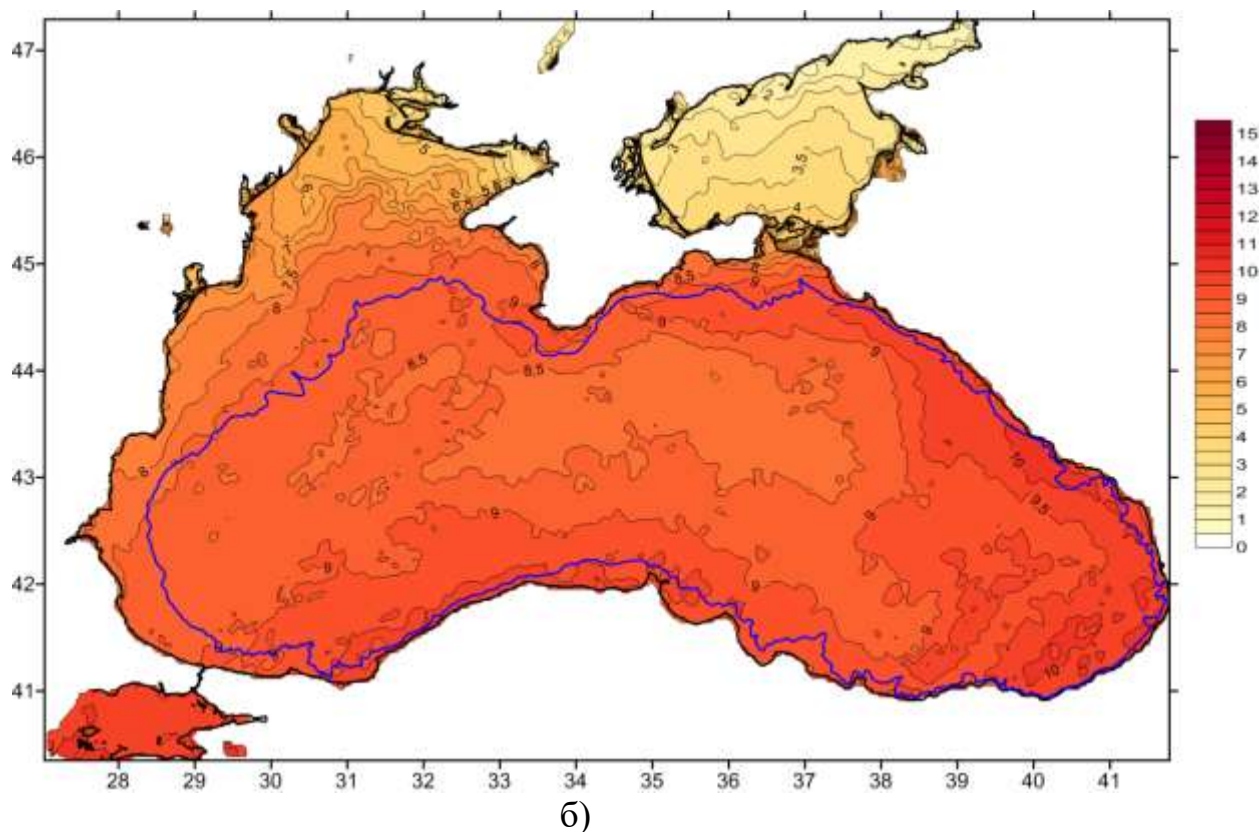
За даними супутникового зондування середньорічна ТПВ в Одеській затоці склала $14.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за даними ГМС - $13.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цей результат, на нашу думку, цілком прийнятний і свідчить про те, що супутникова інформація в прибережних районах адекватно відображає мінливість температурного режиму водної поверхні.

Порівняння даних сканування денних середньомісячних ТПМ по SW6 із результатами ГМС, які показали, що в літній період супутникова температура перевищує температуру отриману на ГМС на $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким чином можна зробити висновок, що для аналізу і розрахунків краще вибирати нічну температуру.

7.3 Особливості розподілу температури поверхні води Чорного моря у 2020 р.

Розглянемо просторовий розподіл температури поверхні води по місяцях (рис.7.4 – 7.3.4).





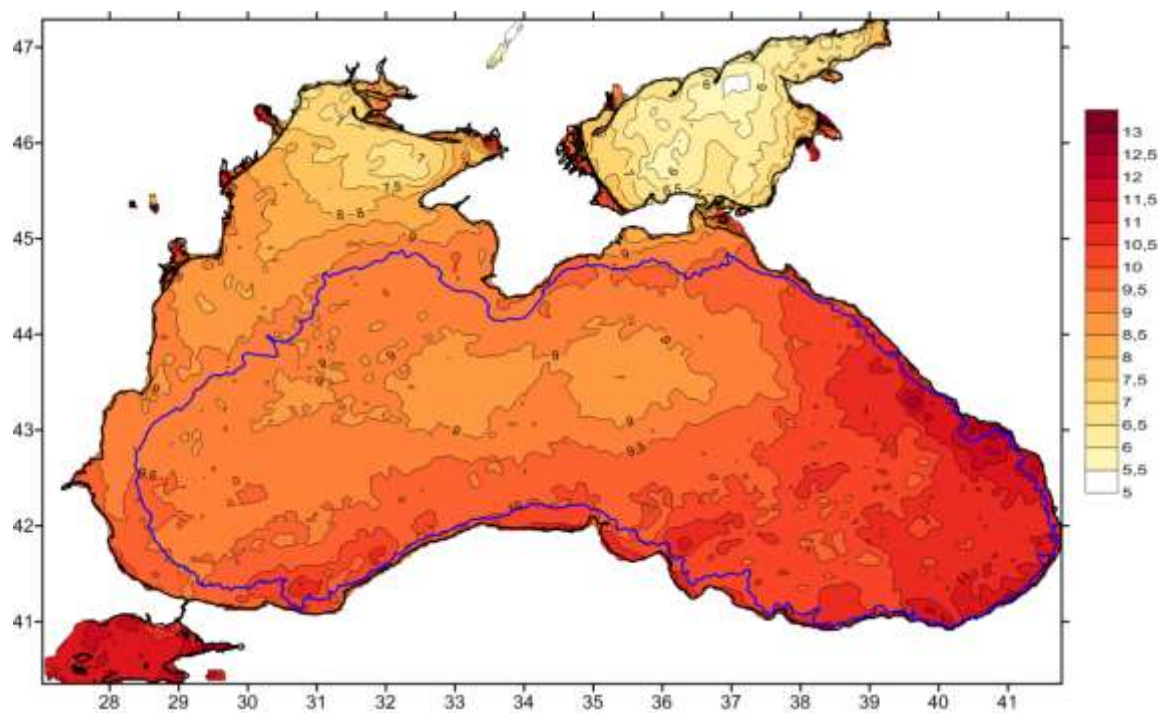
б)

Рисунок 7.4. Розподіл температури поверхні а) січень, б) лютий 2020 р.

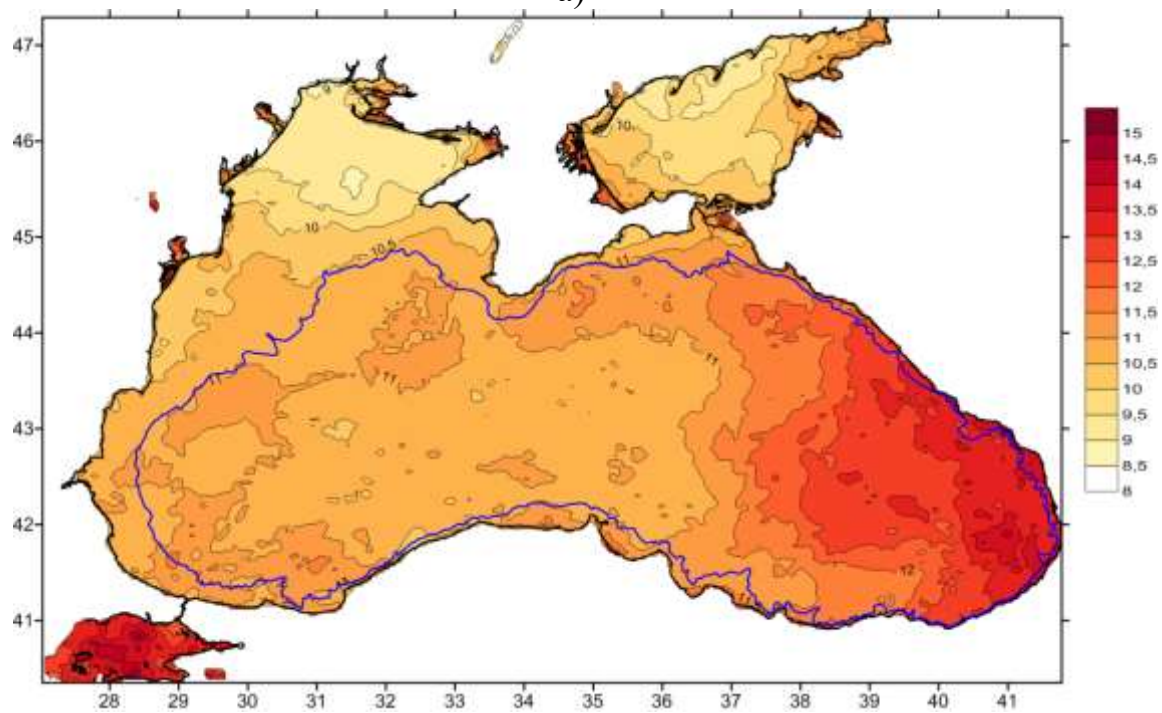
У зимові місяці йде рівномірне охолодження поверхневого шару всієї акваторії Чорного моря (рис. 7.4 а, б). У січні температура води в акваторії, яка обмежена Основною чорноморською течією становила 9,5 °С, в лютому - 8,5 °С.

Виняток становлять води Північно-західній частині Чорного моря та Азовського моря в силу їх мілководдя і відсутності впливу ОЧТ, що призводить їх до якнайшвидшого вихолодження.

Температура в даних районах становить від 7 °С в січні до 6 °С і нижче в лютому для ПЗЧ і від 4 °С до 3 °С і нижче для Азовського моря.



a)



b)

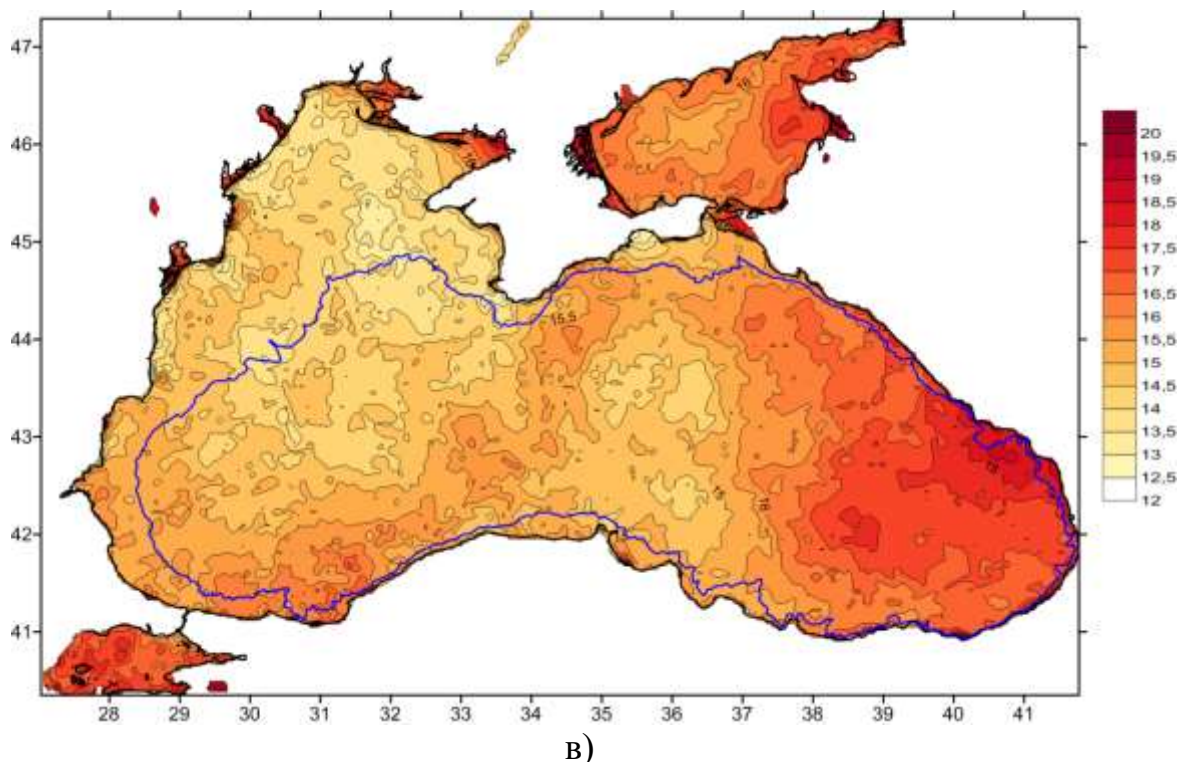
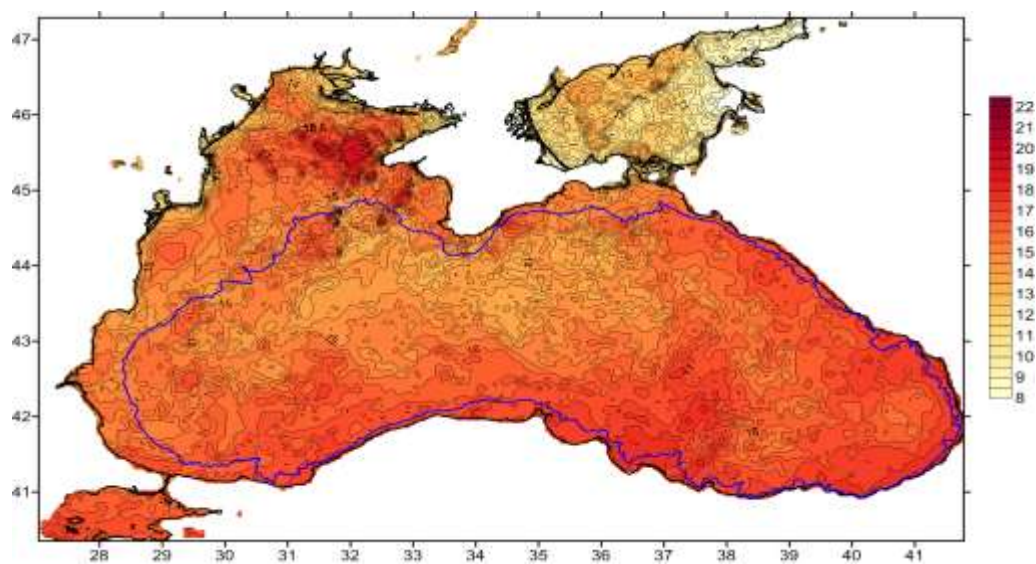


Рисунок 7.5. – Розподіл температури поверхні а) березень, б) квітень, в) травень 2020 р.

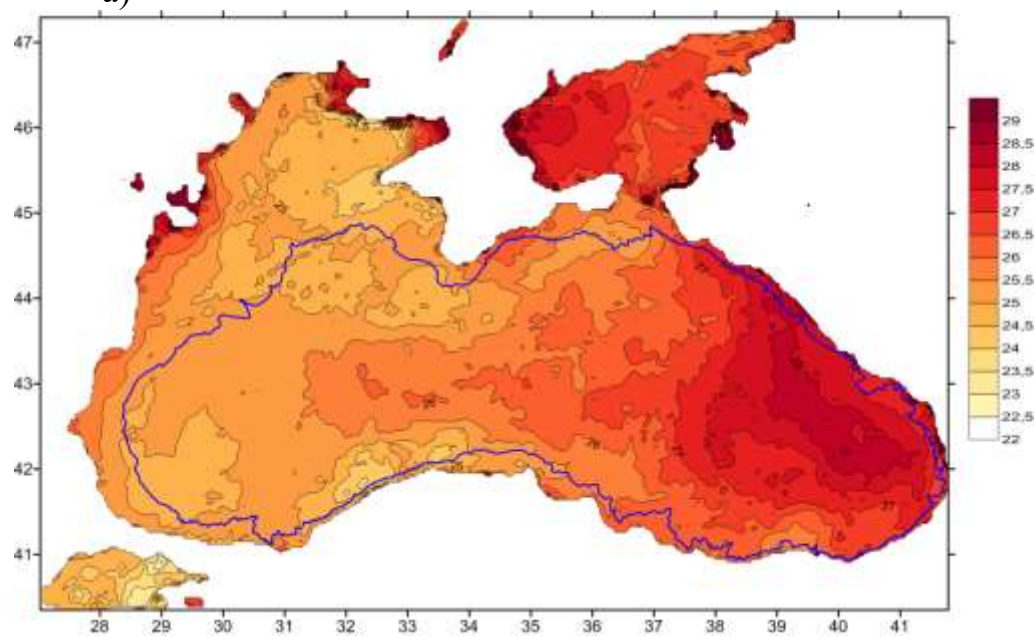
У весняні місяці (рис. 7.5 а, б, в) починається прогрів поверхні води. Температура збільшується для всієї акваторії Чорного моря від 9,5 °C в березні до 15 °C в травні. До особливостей розподілу слід віднести більш високі температури вод поблизу кавказького узбережжя, де гори перешкоджають проникненню холодних східних вітрів. Активно прогрівається Азовське море - до 16 °C. ПЗЧ ЧМ залишається відносно холодною (менше 10 °C), крім районів виходу річкових і лиманних вод та Каркінітської затоки.

Інтенсифікація процесів весняно літнього прогріву проявляється в полі розподілу поверхневої температури у вигляді пористої структури.

Особливо це помітно в травні і червні (рис. 7.5в ; 7.6 а).



a)



б)

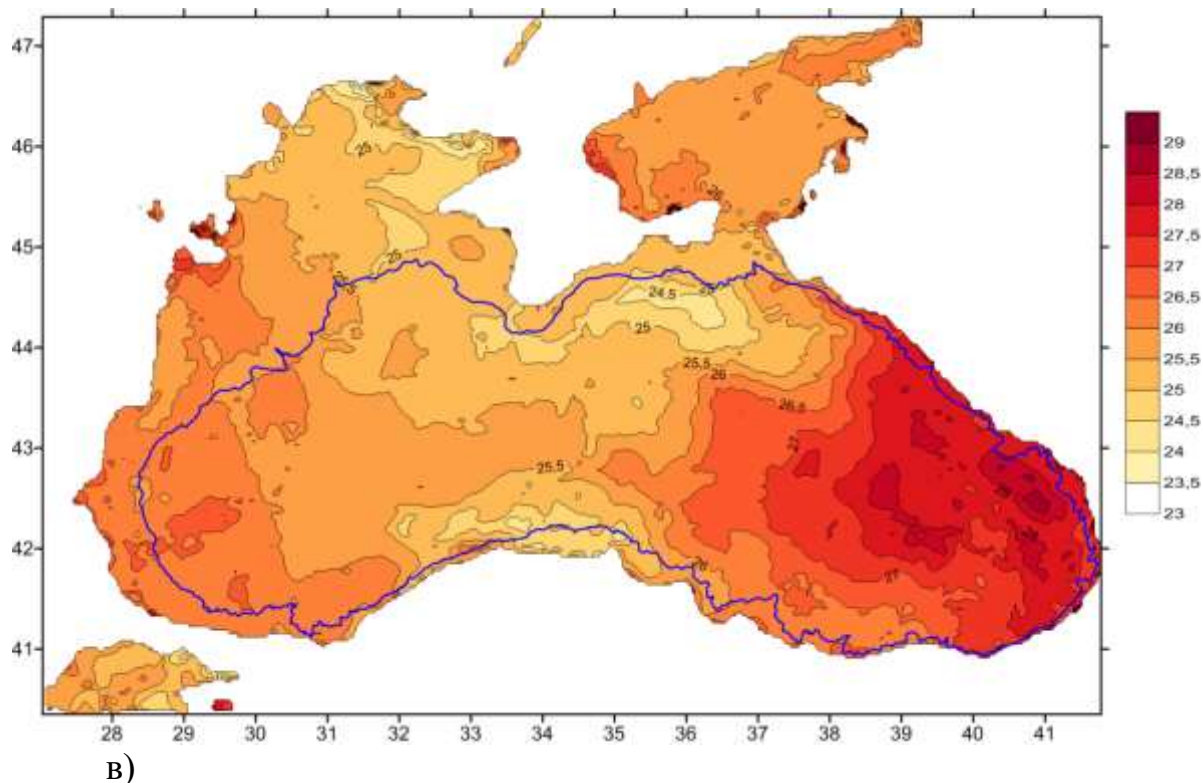
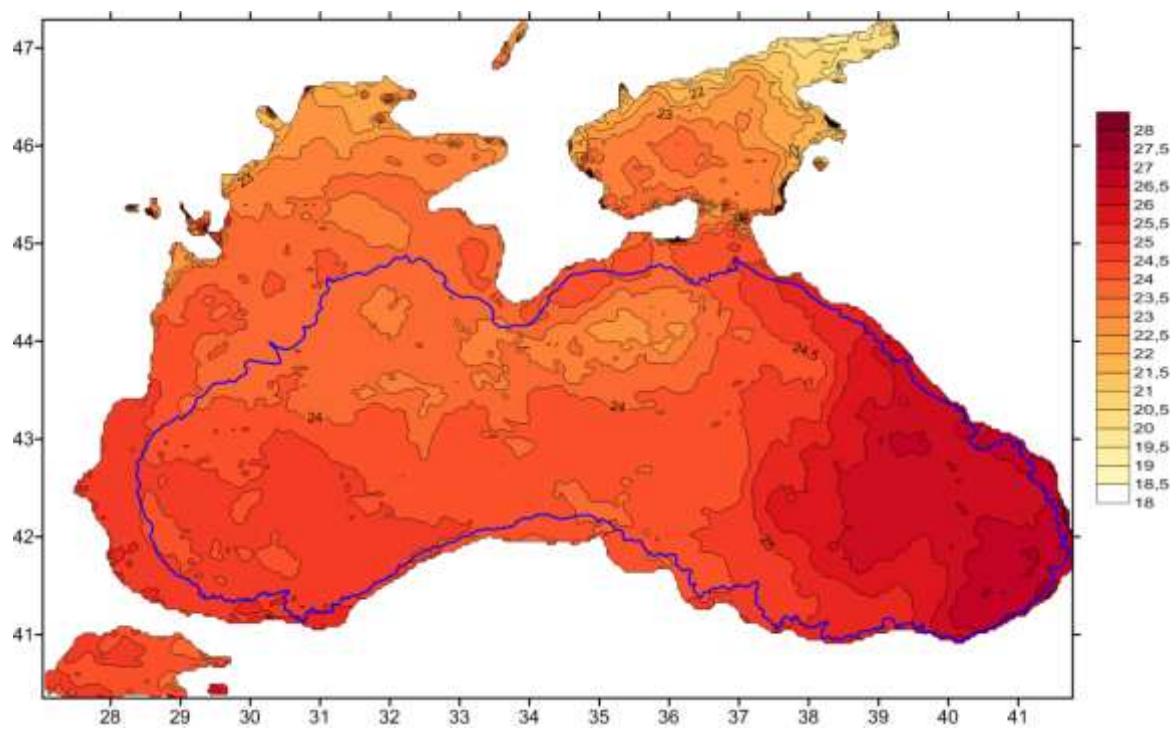


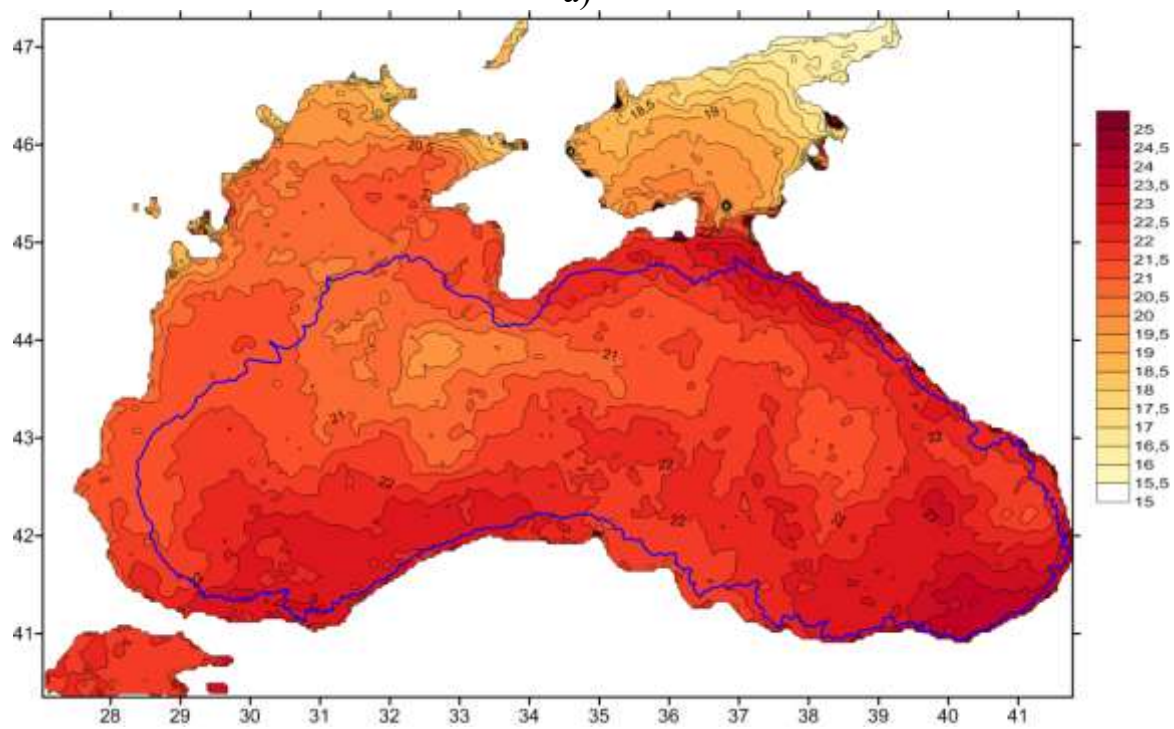
Рисунок 7.6 – Розподіл температури поверхні а) червень, б) липень, в) серпень 2020 р.

У липні (рис. 7.6 б), крім високої середньої температури для всього регіону (25,5 °C), виділяються прибережні зони ПЗЧ в районах стоків річок (Дунай, Дністровський лиман, Дніпро-Бузький лиман) і Каркінітської затоки, де температура досягає 26,5 °C) та температура води поблизу кавказького узбережжя - до 28 °C.

В Азовському морі середня температура поверхні води коливалася від 26,5 °C до 28 °C. У серпні (рис. 7.6 в) середня температура поверхні води збереглася на рівні 25,0 - 25,5 °C, а в східній частині моря - до 28 °C. Утворилися дві зони зі зниженою температурою поверхні води. Одна зона біля південно-східного узбережжя Криму - 24,5 °C, друга - в південній частині Чорного моря біля узбережжя Туреччини - 24,5 °C.



a)



b)

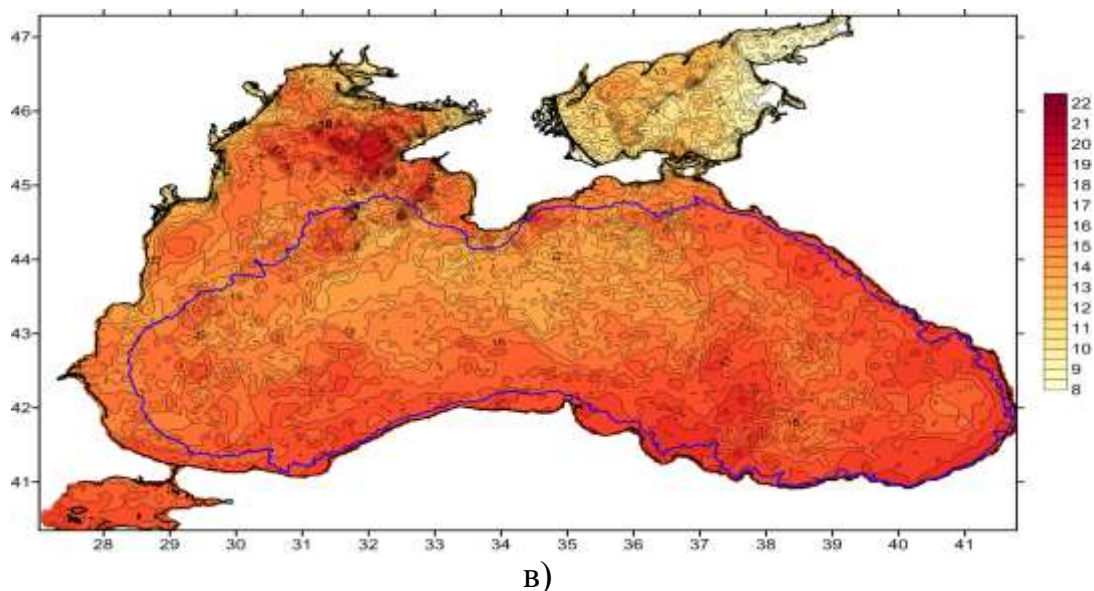


Рисунок 7.7 – Розподіл температури поверхні а) вересень, б) жовтень, в) листопад 2020 р.

В осінній період (рис. 7.7 а, б, в) температура поверхні води стала знижуватися.

У вересні середня температура становила 24,5 °С для основної частини Чорного моря, для району Кавказького узбережжя - 25,0 - 26,0 °С, для мілководної зони ПЗЧ - 22,5 - 23,0 °С, для Азовського моря - 22,0 - 23,0 °С.

У жовтні найбільш високі температури були характерні для районів уздовж узбережжя - Туреччини, Кавказького та Криму із середньою температурою 22,5 °С. Центральна частина Чорного моря обмежена ізотермою 21,0 °С. У ПЗЧ температура коливалася від 19,5 до 20,5 °С. Температура поверхні Азовського моря коливалася від 16,0 °С в районі стоку р. Дон до 19,5 °С в районі Керченської протоки.

У листопаді під впливом осіннього вихолодження проявилася чарункова структура в розподілі поверхневої температури (рис. 7.7в). Середня температура поверхні води для всього регіону моря склала 16,0 °С, за винятком центральної зони - 14,5 - 15,0 °С.

У ПЗЧ температура уздовж узбережжя коливалася від 12,0 до 14,0 °С, що обумовлено стоком річок регіону. В Азовському морі температура поверхні води коливалася від 8,0 °С в районі стоку р. Дон до 12,0 °С в центральній

частині моря.

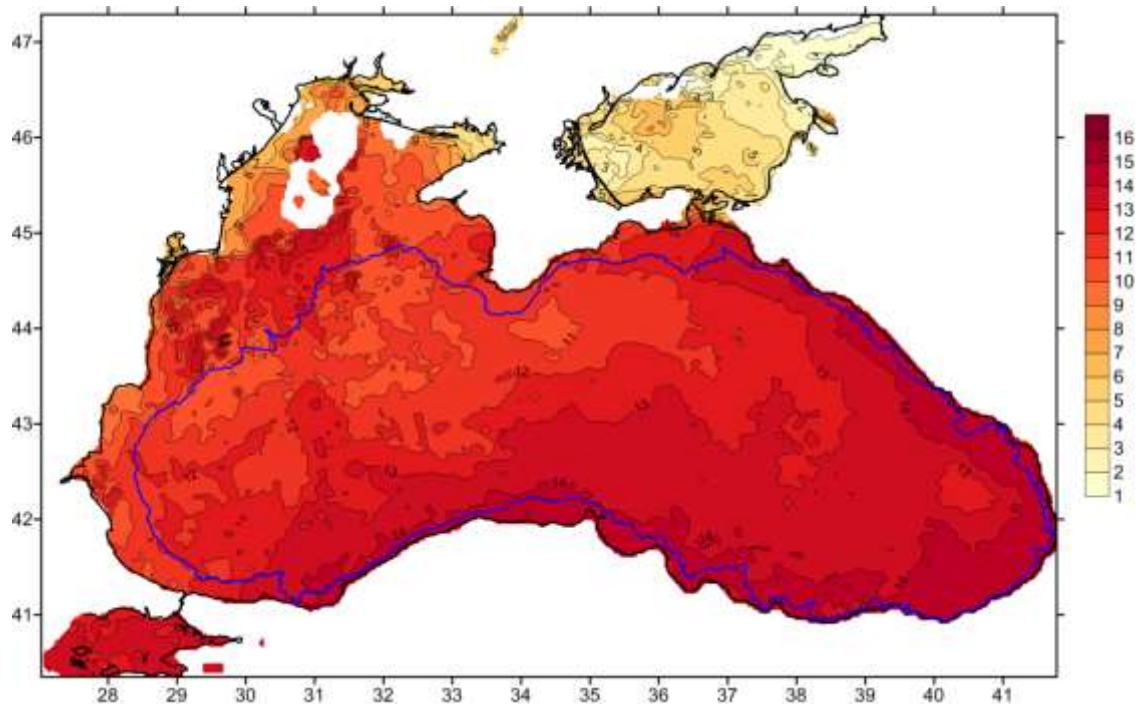


Рисунок 7.8 – Розподіл температури поверхні у грудні 2020 р.

У грудні (рис. 7.8) розподіл температури поверхневого шару наступний: в центральній частині моря - 11,5 - 12,0 °С, більш теплі води розташовані уздовж узбережжя Туреччини і Кавказького узбережжя - 13,0 - 14,0 °С, найбільш холодні води в ПЗЧ Чорного моря - 6,0 - 7,0 °С в районі Дніпро-Бузького лиману і Каркінітської затоки - 5,0 - 6,0 °С. В Азовському морі температура поверхневого шару коливається від 3,0 °С в районі стоку р. Дон до 4,0 - 5,0 °С в центральному районі моря.

Нижче наведена табл. 7.1 значень середньомісячної температури поверхні морської води в районах згідно карти районування ЧМ (рис.7.2).

Таблиця 7. 1 – Середньомісячні значення температури морської води за 2020 р. української частини прибережної зони та відкритих районів Чорного моря за даними супутникового сканування

Код водного масиву	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Прибережна зона ПнЗЧ ЧМ												
TW5	6,8	6,7	8,9	9,9	15,5	23,1	26,3	26,1	23,3	20,5	12,2	7,3
CW1	7,8	6,4	8,7	10,2	14,9	23,5	26,1	25,8	23,8	20,5	15,2	8,0
CW2	6,4	6,4	8,7	11,4	16,0	24,2	26,2	26,1	22,8	20,4	13,8	7,3
CW3	5,4	6,1	8,0	9,3	13,7	22,1	25,3	25,3	22,8	20,0	12,8	7,4
CW4	5,7	5,9	7,8	10,8	17,9	24,2	26,5	25,1	22,2	19,4	13,6	7,3
CW5	6,4	5,3	7,0	9,1	13,9	24,8	26,0	25,1	22,5	18,9	13,7	5,6
CW6	6,2	5,2	6,8	9,1	14,3	23,8	25,0	24,1	22,4	18,8	13,2	7,7
CW7	5,4	3,1	8,4	10,4	16,4	24,3	26,2	25,4	22,2	18,3	12,4	6,0
CW8	5,0	4,2	9,2	10,8	17,0	25,3	<u>26,9</u>	25,7	22,7	18,1	10,8	5,4
CW9	6,1	4,7	7,3	9,8	14,3	24,0	26,4	24,6	22,6	19,5	10,8	9,5
CW10	5,4	3,3	8,1	10,6	17,0	23,3	25,6	24,7	23,3	19,5	11,2	5,1
CW11	6,7	5,5	7,7	9,2	14,8	21,4	24,2	24,6	23,4	20,9	14,6	9,9
CW12	8,9	7,6	8,3	9,9	14,2	22,0	24,3	25,2	23,6	21,1	14,0	9,6
CW13	9,0	8,1	9,0	10,4	14,2	21,2	24,1	25,0	23,9	20,9	16,7	9,9
CW14	7,9	7,7	9,2	10,3	14,4	20,6	24,2	25,1	23,8	21,4	15,0	11,1
Південне узбережжя Криму												
CW15	9,5	8,8	9,3	10,6	14,0	21,0	25,3	25,2	23,9	21,5	15,1	11,7
CW16	10,4	9,2	9,3	10,7	13,3	20,6	25,4	25,2	23,9	21,2	16,1	11,7
CW17	10,2	8,9	9,5	10,9	15,6	23,0	26,3	25,3	24,1	21,8	14,6	11,9
CW18	10,1	9,0	9,9	10,9	16,2	22,4	26,5	25,3	24,2	22,4	14,4	11,9
CW19	9,8	<u>8,1</u>	8,7	10,4	14,3	21,3	26,0	<u>25,4</u>	24,0	22,0	15,2	11,8
CW20	8,8	8,3	8,3	10,1	13,1	21,7	25,6	<u>25,4</u>	23,9	21,6	14,9	10,8
CW21	8,6	8,2	8,6	10,7	14,7	20,7	25,8	<u>25,4</u>	24,0	22,2	14,1	13,0
Шельфові води												
ShW1	5,9	6,3	8,6	10,2	14,5	23,0	25,3	<u>25,9</u>	23,5	20,6	14,3	7,9
ShW2	5,8	5,7	7,9	9,3	13,9	21,7	25,2	25,3	23,3	20,3	13,7	7,8
ShW3	6,6	<u>5,6</u>	6,8	9,2	14,3	21,9	25,4	25,2	22,5	19,3	13,6	9,1
ShW4	6,4	5,6	7,6	9,3	14,2	21,9	24,9	25,1	23,1	20,3	15,6	13,5
ShW5	6,7	5,5	6,8	9,2	13,6	21,7	24,9	25,2	23,4	20,8	15,9	9,2
ShW6	9,0	7,7	8,2	9,6	14,4	22,4	24,9	25,4	23,5	20,9	15,5	10,2
ShW7	9,4	7,8	9,0	9,6	13,6	21,2	25,0	24,9	23,2	21,0	17,5	10,3
ShW8	7,8	5,3	7,9	9,1	14,6	22,0	24,9	24,6	23,4	20,2	14,7	8,6
ShW9	9,8	8,6	9,0	10,5	13,9	21,9	24,8	25,4	24,0	21,3	16,1	11,9
Води відкритого моря												
OWW1	9,0	8,6	9,0	10,9	14,8	21,9	25,0	25,5	23,7	20,8	13,9	11,2
OWC1	9,0	8,5	9,1	10,9	14,8	21,5	25,6	25,2	24,1	21,2	13,9	12,2
OWCr1	10,3	8,8	9,4	11,4	15,6	21,8	26,2	25,3	24,3	22,2	15,7	11,5
OWCr2	9,5	9,1	9,5	11,2	15,1	20,8	25,2	24,4	24,2	22,3	15,5	12,0

У прибережних районах максимальні середньомісячні температури (27.4-27.9 °С) спостерігалися в липні на ділянках виходу річкових вод TW-5 (Дунай), CW-4 (Дністер) CW8 CW9 (Ягорлицька затока) і Тендрівська коса), мінімальні (3.1-3.3 °С) в лютому у Дніпро-Бузького лиману (CW-7) і в Каркінітській затоці (CW-10). Відзначимо, що вода виходить на Дунайське морське узбережжя була відносно теплою для цього сезону.

Середньомісячна температура поверхні на шельфі і у відкритій частині моря до липня практично вирівнялася і досягла своїх максимальних значень в діапазоні 24.8-25.6 °С для ШВ і 25.0-26.2 °С для вод відкритої частини моря. Мінімальна в діапазоні 5.3-5.7 °С відзначалася в лютому в районах прилеглих до берега (ShW2- ShW5; ShW8).

За даними табл.7.2 були розраховані середньорічні значення ТП ЧМ по основних районах.

Таблиця 7.2 – Середньорічні значення ТП ЧМ в 2020 р за даними супутника Aqua.

Райони	Прибрежная зона (CW) ПнЗЧМ	Шельф ПнЗЧМ	Південне узбережжя Криму	Відкрите море
Температура поверхні ЧМ °С	15.3	15.6	16.5	16.5

Середньорічна ТП відкритого моря перевищує ТП на мілководді на величину 1.2 °С.

7.4 Тенденції зростання ТПО в 2020 р. на тлі кліматичних даних

Для аналізу, як тимчасової мінливості так і просторового розподілу температури поверхні Чорного моря, були використані дані супутника MODIS-Aqua, а саме:

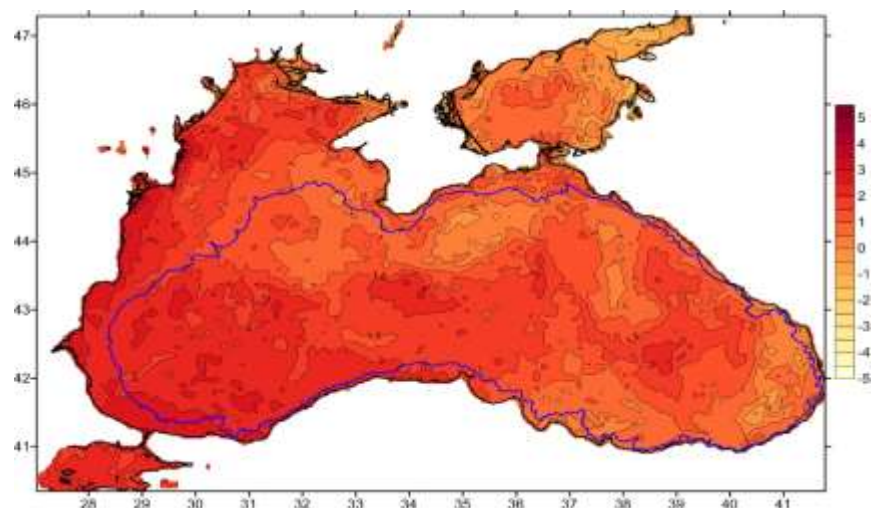
1. Середньомісячні дані про температуру поверхні Чорного моря з просторовим діапазоном 4x4 км за 2020 рік.
2. Сезонні дані про температуру поверхні Чорного моря з просторовим діапазоном 4x4 км за 2020 рік.
3. Кліматичні середньомісячні і сезонні дані про температуру поверхні Чорного моря з просторовим діапазоном 4x4 км і часовими інтервалами усереднення 2002 - 2020 року.

Розглянемо річний хід мінливості температури поверхні Чорного моря на основі середньомісячних значень за 2020 рік, а також їх кліматичні значення з осередненням 2002 - 2020 року. Масив кліматичних даних брався з сайту <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>.

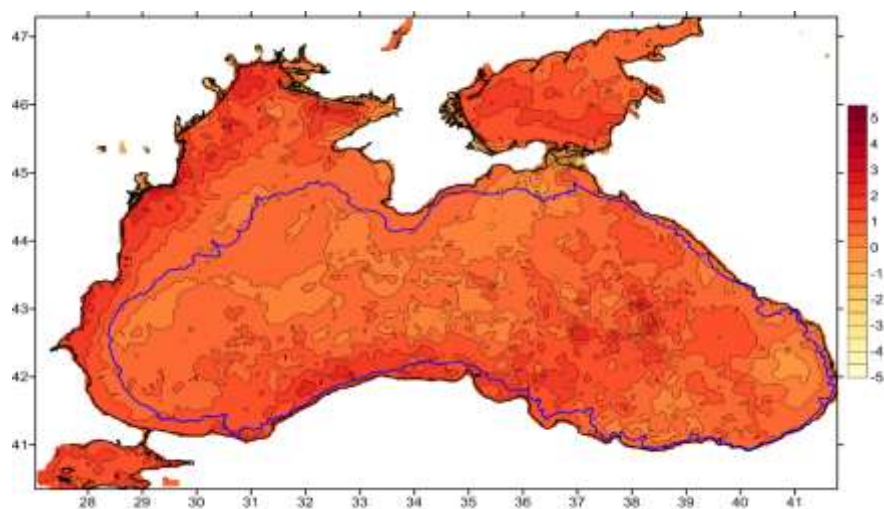
На рисунках 7.9 (а, б, в) представлені відхилення середньомісячних значень температури поверхневого шару води від кліматичних значень.

Середньомісячна температура поверхні моря в зимовий період 2019 - 2020 рр., а саме в грудні, січні та лютому (рис. 7.9 а, б, в) виявилася вище кліматичної фактично по всій акваторії Чорного моря. Особливо це помітно по мілководній (ПнЗЧМ), де відхилення від кліматичної норми перевищують 2 °С в прибережній зоні в грудні, 2 °С в січні і до 3 °С в лютому. Перевищення рівня температури води над кліматичної нормою досягає для всього регіону Чорного моря 0,5 - 1,0 °С.

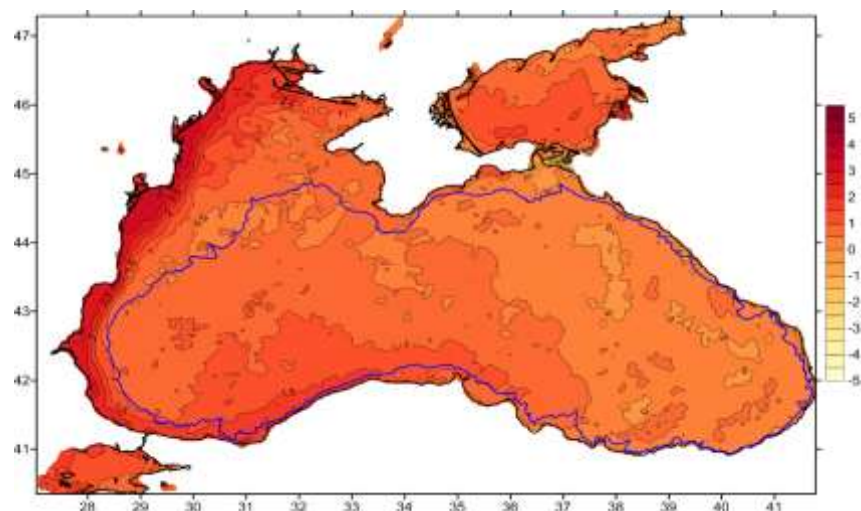
Тільки в південно-східній частині відзначаються окремі осередки збігів з кліматичними нормами.



а)



б)



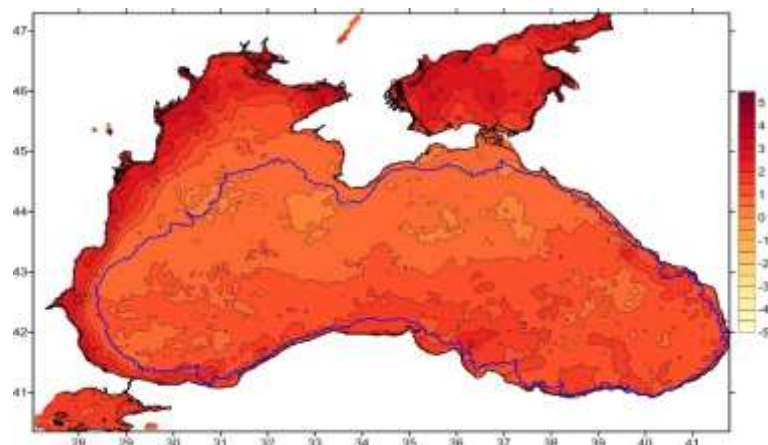
в)

Рисунок 7.9 – Відхилення від кліматичних значень температури поверхні моря:

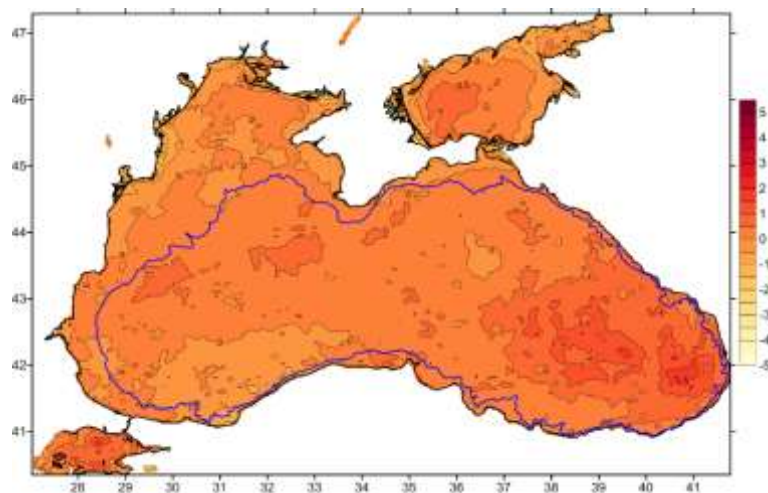
а) грудень 2019 р б) січень 2020 р в) грудень 2020 р.

До особливостей весняного (березень, квітень, травень) розподілу температури поверхні води (рис. 7.10 а, б, в), слід віднести ті, що перевищують кліматичні значення в прибережній частині СЗЧ Чорного моря (до 3 °С) в березні і в цілому по всьому Чорноморському басейну від 0,5 до 1,5 °С. А для квітня і, характерно перевищення кліматичних значень над середньомісячними, на 2°С в прибережній частині, особливо це помітно в областях з впливом прісноводного стоку, а саме гирла р. Дунай, Дністровського лиману і Дніпро-Бузького лиману.

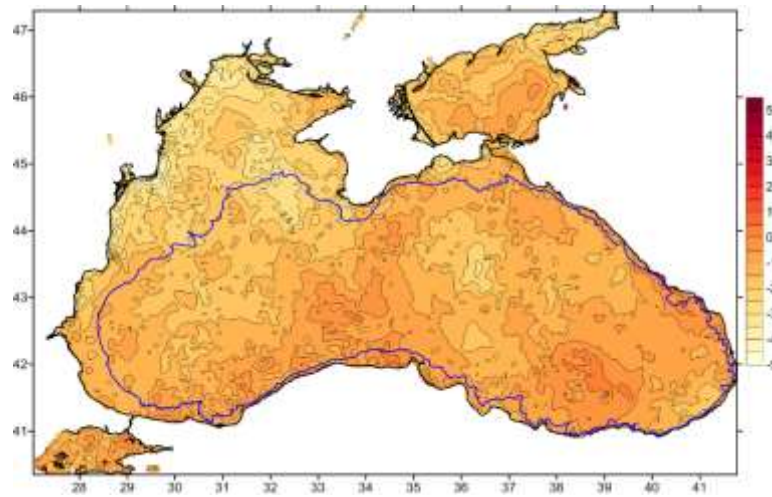
На відміну від попередніх місяців в травні спостерігалися негативні аномалії різниці кліматичної і середньомісячної ТПМ в прибережних районах північно-західного узбережжя ця різниця доходила до -3 °С, За даними ГМС Одеса-Порт травень також єдиний місяць в році середньомісячна температура води якого нижче норми (рис. 7.10).



а)



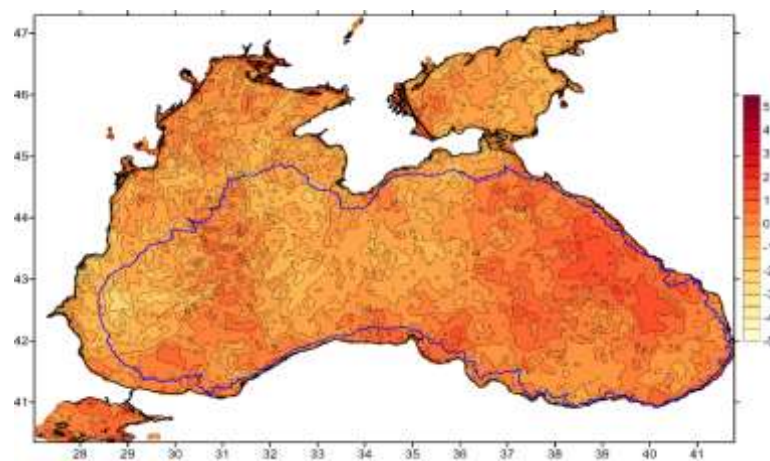
б)



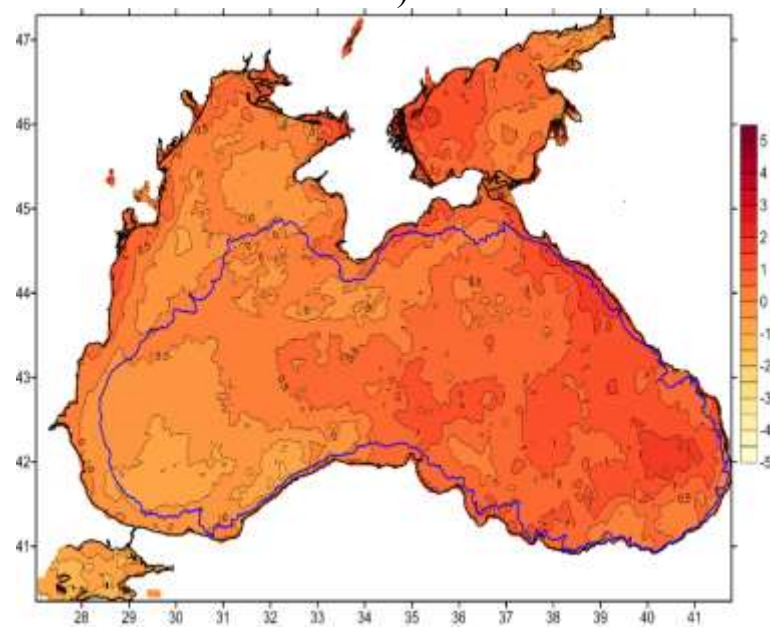
в)

Рисунок 7.10 – Відхилення від кліматичних значень температури поверхні моря: а) березень 2020 р б) квітень 2020 р в) травень 2020 р.

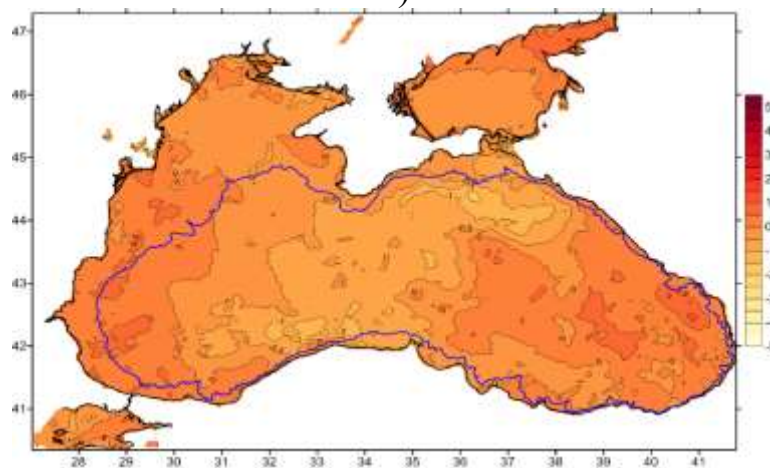
Особливостями літнього періоду (червень, липень, серпень) (рис. 7.11 а, б, в), є перевищення кліматичних значень над середньомісячними. Для червня до 1 °С (рис. 7.4.3 а) і формуванням більш теплих, в порівнянні з кліматичними, водами в південно-східній частині моря . Для липня (рис. 7.4.3 б) температура поверхні моря практично не відрізняється від кліматичної, відхилення коливаються від 0,0 до 0,5 °С. Для серпня характерно перевищення кліматичних значень температури поверхневого шару (рис. 7.11 в) від середньомісячної в межах 0,00 до 1,0 °С.



а)



б)

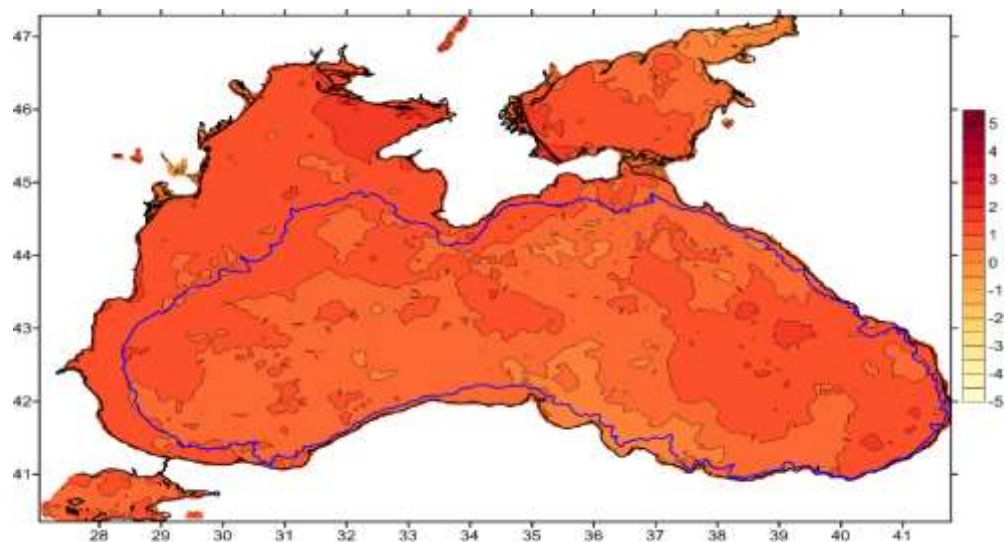


в)

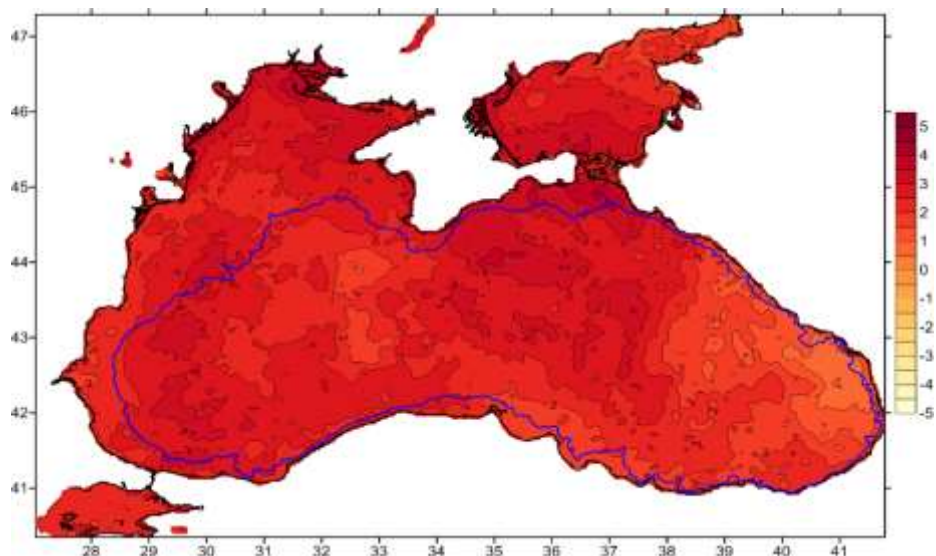
Рисунок 7.11 – Відхилення від кліматичних значень температури поверхні моря: а) червень 2020 р. б) липень 2020 р. в) серпень 2020 р.

До особливостей осіннього періоду (вересень, жовтень, листопад) (рис. 7.12 а, б, в), відносяться перевищення середньомісячних значень температури поверхні над кліматичними. Для вересня відхилення склали від 0,0 до 1,0 °С для всього регіону, а ось для жовтня перевищення становило для всієї акваторії Чорного моря від 1,5 °С до 3,0 °С. Слід зазначити, що жовтень 2020 р. виявився аномально теплим в порівнянні з кліматичними даними температури поверхневого шару води.

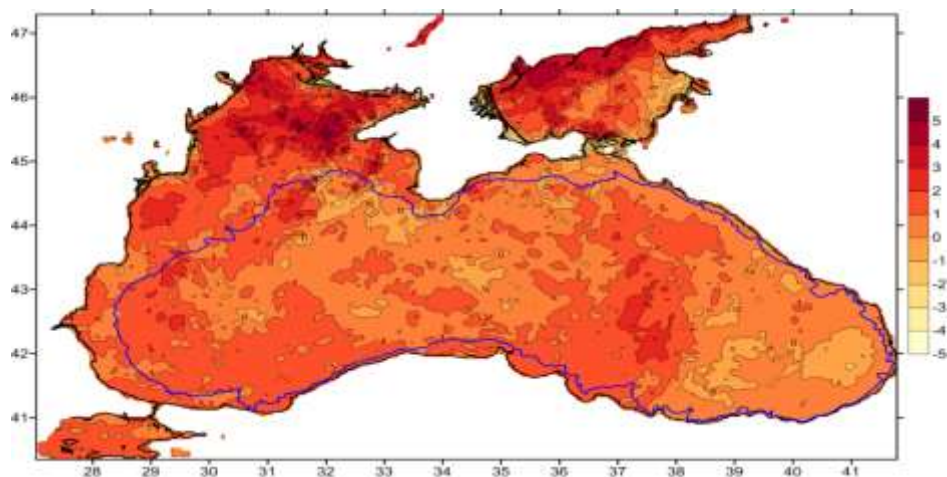
Також слід зазначити, що близько до кліматичних характеристик виявився район розташування Батумського антициклонального вихору. Для листопада характерно також перевищення температури поверхні над кліматичними значеннями. До особливостей розподілу слід віднести перевищення від 0,0 до 1,5 °С для основної акваторії Чорного моря, але для СЗЧ відхилення коливалися від 2,0 до 3,0 °С.



а)



б)



в)

Рисунок 7.12 – Відхилення від кліматичних значень температури поверхні моря: а) – вересень 2020 р. б) – жовтень 2020 р. в) – листопад 2020 р.

При сезонному осередненні значень температури поверхневого шару з'ясовується, що для зимового сезону (рис.7.13а) характер розподілу відхилень наступний - велика частина акваторії Чорного моря має відхилення від 0,0 до 0,5 °С, крім прибережної частини СЗЧ і південній частин Чорного моря , де відхилення коливаються від 1,0 до 1,5 °С.

Для весняного сезонів (рис.7.13б) превалює кліматична складова для всього басейну Чорного моря з коливаннями значень від 0,0 до 1,0 °С, а в окремих районах - до 2,0 °С.

Для літнього сезону температура поверхні моря відхиляється від кліматичної в межах від 0 до 0,5 °С для всього регіону.

Для осіннього характерна велика перевищення сезонних значень температури над кліматичними (рис.7.13г), що, швидше за все, обумовлено аномально теплою осінню 2020 р.

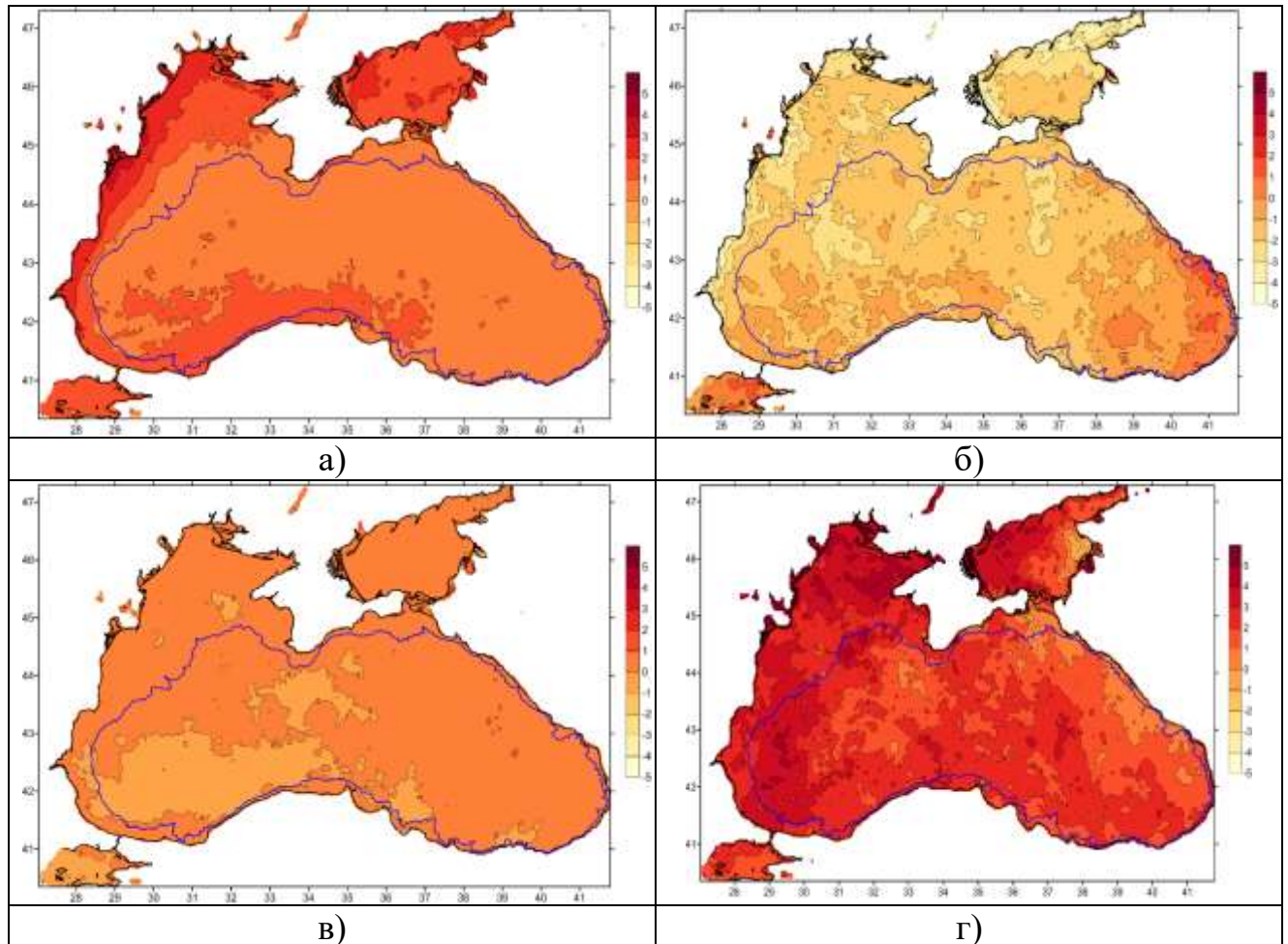


Рисунок 7.13 – Відхилення від кліматичних значень температури поверхні моря: а) – зимовий сезон (21.12.2019 р. - 20.03.2020 р.), б) – весняний сезон (21.03 - 20.06. 2020 р.), в) –літній сезон (21.06.2020 р. - 20.09.2020 р.), г) – осінній сезон (21.09 - 20.12.2020 р.)

Нижче наведена таблиця різниць середньомісячних значень температур поверхневого шару води в прибережних водних масивах за 2020 і кліматичних даних вибраних з Океанографічного Атласу Чорного та Азовського морів [3].

Таблиця 7.4.1 – Різниці середньомісячних значень температур поверхневого шару води в прибережних водних масив в 2020 і кліматичних даних

Код водного масиву	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ср.
Північно-західне узбережжя													
TW5	3,3	3,2	4,4	5,4	0,0	3,1	4,4	3,1	3,3	5,5	1,7	0,3	3,1
CW1	3,3	2,4	3,2	1,2	-0,6	3,5	3,1	2,3	3,3	4,0	3,7	-0,5	2,4
CW2	3,9	3,9	4,7	3,4	0,5	4,2	3,7	3,6	3,3	5,9	3,8	0,8	3,5
CW3	2,9	3,6	4,5	1,8	-1,8	2,1	3,3	2,8	3,3	5,5	2,8	0,9	2,6
CW4	3,2	3,4	4,3	3,3	2,4	4,2	5,5	3,1	3,2	4,9	3,6	0,8	3,5
CW5	3,9	3,8	4,0	1,6	-1,6	4,8	4,5	3,6	3,5	4,9	3,7	-0,9	3,0
CW6	3,7	3,7	4,3	1,6	-0,7	4,8	4,0	2,1	3,9	4,8	3,7	1,7	3,1
CW7	2,9	1,6	5,5	2,9	1,4	4,3	5,7	3,9	3,2	4,3	2,9	0,0	3,3
CW8	2,0	2,2	5,8	2,8	2,0	5,3	4,9	3,7	3,2	3,6	1,3	-0,6	3,1
CW9	2,6	2,7	3,8	1,3	-0,7	4,5	4,5	2,6	3,1	4,0	0,8	3,0	2,7
CW10	1,9	1,3	4,1	1,6	2,0	3,8	4,1	2,2	3,8	4,5	0,7	-1,9	2,3
CW11	3,2	3,0	3,7	0,2	-0,2	1,9	2,1	2,1	3,9	5,9	4,1	2,9	2,7
CW12	3,9	3,6	3,3	0,9	-0,8	2,5	2,2	2,7	3,6	5,6	2,5	1,1	2,6
CW13	3,5	2,6	3,5	1,1	-0,3	2,2	2,6	2,5	3,9	4,4	4,2	0,4	2,6
CW14	1,4	1,2	2,7	1,0	-0,1	1,6	2,6	2,6	3,8	4,9	2,5	1,6	2,2
Середнє	2,9	2,6	4,2	1,7	0,3	3,6	4,0	2,8	3,6	4,7	2,7	0,7	2,8
Південне узбережжя Криму													
CW15	2,5	2,3	2,3	1,3	-0,5	2,0	3,8	2,2	3,4	4,5	2,1	1,2	2,3
CW16	2,9	2,2	2,1	1,4	-1,2	1,6	3,9	2,2	3,4	4,2	2,6	1,2	2,2
CW17	2,2	1,4	2,3	1,6	1,1	4,0	4,3	2,3	3,6	4,8	1,6	1,9	2,6
CW18	2,6	2,0	2,9	1,9	1,7	3,4	4,0	2,3	3,7	5,9	1,4	1,4	2,8
CW19	2,8	1,1	2,2	1,1	-0,2	2,3	4,0	2,4	3,5	5,0	2,7	1,3	2,4
CW20	1,8	1,3	1,8	0,6	-1,4	2,7	3,6	2,4	3,4	4,1	2,4	-0,2	1,9
CW21	1,1	0,7	1,6	1,2	0,2	1,2	3,0	2,4	3,0	5,2	1,1	1,5	1,9
Середнє	2,3	1,6	2,2	1,3	0,0	2,5	3,8	2,3	3,4	4,8	2,0	1,2	2,3

Звернемо увагу на те, що на рис. 7.4.1 - 7.4.4 наводяться результати порівняння кліматичних (2006-2019 рр.) супутникових даних з даними 2020 року, а в табл. 7.4.1 порівнюються кліматичні дані масиву натурних спостережень узагальнені за майже сто річний період з тими ж супутниковими даними за 2020 і не дивлячись на принциповим різницю методів, ми бачимо загальні тенденції.

Так в обох випадках в травні місяці відзначені від'ємні відхилення від кліматичних значень і мінімальне зростання температури, в жовтні

спостерігаються максимально позитивні відхилення як в ПдЗЧ ЧМ так і вздовж узбережжя Кримського півострова. В окремих випадках в величинах значень температури різниця досить помітна.

Аналіз таблиці 7.4.1 показав, що максимальне зростання температури ПВМ в 2020 році, в порівнянні з кліматичними спостерігався в березні в районі виходу вод Дніпро-Бузького лиману (CW7) і в Ягорлицькій затоці (CW8) 5.9 °C і 5,8 °C відповідно, в Криму в жовтні - 5.9 °C (CW18) між Ялтою і м. Меганом в районі п. Рибачий, так само в жовтні зростання температури на 5.9 °C був відзначений в районах Сасика (CW2) і Каркінітської затоки. (CW11) За 2020 рік середнє підвищення температури води ПВМ в порівнянні з [3] в СЗЧЧМ склало 2.8 °C, біля берегів Криму - 2.3 °C.

8 ГІДРОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ГЛИБОКОВОДНОЇ ЧАСТИНИ ЧМ ЗА ДАНИМИ БУЇВ АРГО У 2020 РОЦІ

У 2020 році в ЧМ працювало 13 буїв проекту «Argo» (Рис. 8.1).



Рисунок 8.1 – Один з буїв проекту «Арго» (animalworld.com.ua/news/)

Три буя крім датчиків температури і солоності були укомплектовані датчиками кисню, що надало (Таб.1.1) Це давало нам можливість оцінити глибину нижньої межі оксікліна, і початок безкисневої зони, яка визначалась по глибині де концентрація кисню зменшувалася до 20 $\mu\text{моль/л}$. На рис. 8.2 наведені траєкторії руху всіх 13-ти буїв в 2020.

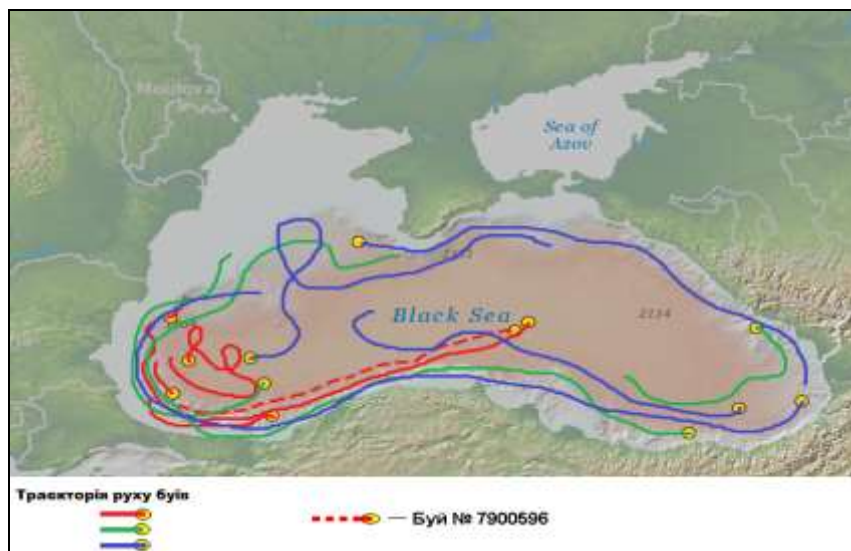


Рисунок 8.2 – Траєкторія руху буїв Арго в ЧМ в 2020 році

Траєкторії виділені різними кольорами для зручності візуального аналізу. Місце розташування буїв в кінці року відзначено жовтими кружками.

Загальний напрямок руху буїв відповідає напрямку потоку ОЧТ із заходу на схід уздовж південного узбережжя ЧМ і далі зі сходу на захід уздовж північного. Звертає на себе увагу петля, що виникла в траєкторії руху одного з буїв, у районі розташування СВ. Дрейфуючи на північ з інтервалом спливання п'ять діб на глибинах близько 600 метрів буй № 3901855, досягнувши району 1000-метрової ізобати повернув під впливом течій в зворотному напрямку. Час повного «обороту» склало 110 діб з 1 травня по 19 серпня поточного року.

Нижче наведена таблиця 8.1 деяких значень величин вимірюваних параметрів за даними буя № 7900596. На рис.8.1 траєкторія його руху нанесена пунктиром. В основному буй прямував уздовж південного узбережжя і в кінці року досяг району близького до східної центральної частини відкритого моря.

Таблиця 8.1 – Глибини залягання ядра ХПШ і глибини початку безкисневої зони в ЧМ у 2020 році за даними буя № 7900596

Дата виринання буя, 2020 рік	Глибина, (м) ядра ХПШ	Температура (°C) ядра ХПШ	Глибина (м) з концентрацією кисню 20 μмоль/л	Широта	Довгота
06.01	85,9	8,28	130	42,14	28,83
16.01	95,1	8,49	120	42,01	28,91
05.02	65,3	8,51	75	41,6	29,12
06.03	65,1	8,48	98	41,53	29,44
05.04	75,1	8,54	120	41,58	29,79
05.05	74,9	8,58	125	41,69	30,16
05.06	85	8,87	85	41,61	30,73
04.07	65,9	8,77	120	41,74	30,87
03.08	85,4	8,63	80	41,69	31,28
02.09	75,2	8,75	114	41,79	31,62
02.10	95,6	8,66	83	42,11	32,34
02.11	95,7	8,75	80	42,39	32,93
01.12	85,2	8,70	77	42,48	33,61
31.12	65,3	8,65	72	42,78	35,12

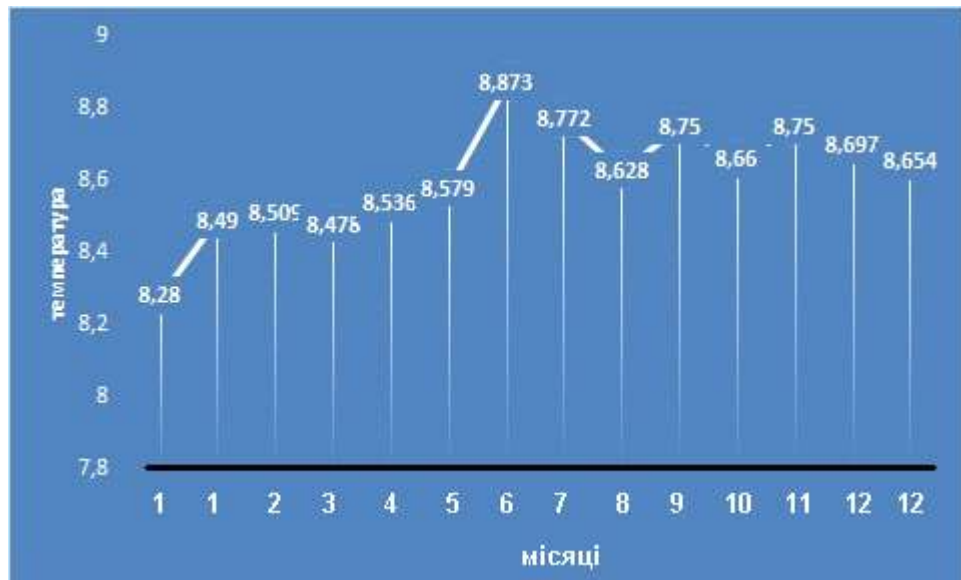


Рисунок 8.3 – Просторово-часова діаграма змін значень температури ядра ХПШ за даними буя 7900596 в ЧМ у 2020 році

Мінімальне значення в ядрі ХПШ 8.28 °C спостерігалось на початку року на глибині 85,9 м. (Рис.8.3) в центрі південно-західного району моря. Надалі температура ядра збільшувалася і до червня досягла по суті температури його зникнення 8.87 °C.

Середня глибина залягання ядра ХПШ коливалася в межах 65-85 м.

Маркером глибини залягання ХПШ можуть служити температури води в діапазоні:

для зимового сезону - 8,3 ÷ 8,5 °C,

для весняного сезону - 8,5 ÷ 8,8 °C

для літнього сезону - 8,6 ÷ 8,9 °C,

для осіннього сезону - 8,7 ÷ 8,8 °C.

Верхня межа глибини залягання ХПС перебувала на глибинах 56 ÷ 65 м для всіх сезонів, нижня межа коливається від 75 до 135 м.

В окремих випадках спостерігалася двошарова структура ХПШ. Верхній шар розташовувався в діапазоні глибин 65 - 95 м (8,77 ÷ 8,78 °C). Нижній шар залягав в діапазоні глибин: 04.07.2020 - 125 ÷ 163 м (8,69 ÷ 8,74 °C), 14.07.2020 - 135 ÷ 156 м (8,74 ÷ 8,74 °C), 22.09.2020 - 145 ÷ 165 м (8,76 ÷ 8,76 °C). Глибина

залягання нижньої межі оксікліну коливалася в значних межах від 72 до 130 м, зменшуючись в міру наближення буя до центру моря.

ВИСНОВКИ

Звітній 2020-й рік за даними ГМС Одеса-порт виявився для Одеси удвічі рекордним: по температурі повітря – 13,0 °C і по температурі морської води 13,5 °C.

По даним, супутникового сканування середньорічна ТП ЧМ склала 16.5 °C, у районі шельфу -15,6 °C. Максимальні середньомісячні температури (27.4-27.9 °C) спостерігалися в липні на ділянках виходу річкових вод TW-5 (Дунай), CW-4 (Дністер) CW8 CW9 (Ягорлицька затока) і Тендрівська коса), мінімальні (3.1-3.3 °C) в лютому у Дніпро-Бузького лиману (CW-7) і в Каркінітській затоці (CW-10). Середня температура поверхні морської води ЧМ в порівнянні з кліматичними значеннями зросла на величину порядку 0.5-1,0 °C. Максимальні значення позитивних відхилень температури поверхневого шару характерні для зимових, та осінніх місяців. Максимальні позитивні відхилення відзначені в жовтні. Жовтневі температури повітря і води були рекордні за весь час спостережень.

На тлі загального зростання ТП ЧМ в травні спостерігалися видимі (до -3 °C) відхилення від кліматичних значень.

За 2020 рік середнє підвищення температури води прибережної зони в порівнянні з [3] в СЗЧЧМ склало 2.8 °C, біля берегів Криму - 2.3 °C.

Напрямок приземного загального перенесення повітряних мас в районі Одеси на південний захід зберіглося в кліматичних значеннях. Середня швидкість вітру так само залишилася на колишньому рівні 3.8 м/с.

Тривалість часу дію штормових вітрів (швидкість більше 14 м/с) налічувало 42 години, це один з найнижчих показників за останні роки. За період спостережень повторюваність слабких та помірних вітрів досягає 96,8%.

Річковий стік грає найважливішу роль у формуванні водної екологічної структури як всього ЧМ так і особливо ПЗШЧМ. У 2020 году фактично не було

весняної повені. Сумарний стік Дунаю і Дніпра $164,5 \text{ км}^3$ 2020 рік характеризується, як один з найнижчих за останні 50 років, що вплинуло на величину солоності морської води. Так найбільш високі середньомісячні солоності в районі ГМС, більш 16,6 опс, були відзначені в квітні-травні, а це є місяці кліматичного мінімуму солоності.

Максимальну площину ШВ займали в червні, також у червні спостерігався процес виходу вод з підвищеним вмістом хлорофіла-*a* в область схилового Севастопольського вихору. Останній раз така ситуація спостерігалась два роки тому.

У багатьох випадках поверхневі течії визначали спрямований загальний напрямок поширення фіто і зоопланктону.

У порівнянні з попередніх роками помітно скоротилася кількість апвелінгів.

У центральній частині моря середня глибина нижньої межі оксікліна ($20 \text{ } \mu\text{M/L}$) розташовувалася в кліматичних значеннях на позначці близько 65-70 м. заглиблюючись до периферії.

Мінімальна температура ХПШ 8.28 відзначалася взимку в ПдЗ частині ЧМ біля берегів Туреччини на глибині 85,9 м. В центральній частині ЧМ літом ХПШ з температурою 8.87°C проявлявся слабо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Попов Ю.І. Поля солоності північно-західної частини чорного моря (1955-2005 рр.): довідковий посібник / Ю.І. Попов, І.Г. Рубан . – Одеса : ОДЕКУ, 2015. – 114 с.
- 2 Копелевич О.В., Лаппо С.С. Использование спутниковых данных для исследования и мониторинга морей и океанов. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2005. В.2.Т.1. С.30-39.
- 3 Океанографічний Атлас Чорного та Азовського морів. / Еремеев В.М. – Київ: ДУ «Держгідрографія», 2009. – 365 с.
- 4 Black Sea Marine Forecasting. / Centre Operational Oceanography Branch. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.bsmfc.net/MyOcean>. – 28.12.20020 р.
- 5 Dashboard. / Argo.EU. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard>. – 28.12.20020 р.
- 6 Copernicus Open Access Hub. / Copernicus.eu. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://scihub.copernicus.eu/>. – 28.12.20020 р.
- 7 Географический факультет. / МГУ им. М.В.Ломоносова. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.geogr.msu.ru/> – 28.12.20020 р.
- 8 Погода в 243 странах мира. / rp5.ua .[Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://rp5.ua/>. – 28.12.20020 р.
- 9 Top Karten. / Wetterzentrale. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.wetterzentrale.de>. – 28.12.20020 р.
- 10 Новости. / Голос.UA Медіагрупа. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://golos.ua/news/> – 28.12.20020 р.
- 11 Взгляд из Одессы. / Od-news.com. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://od-news.com/tag>. – 28.12.20020 р.
- 12 Живая планета. / Discovery. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://animalworld.com.ua/news>. – 28.12.20020 р.