

УДК 551.46.08

## **Суднові методи та технології вимірювання гідрофізичних характеристик морського середовища**

Ю.А. Тимченко

*Тимченко Юлія Анатоліївна – к.геол.н., завідувач відділу океанографії Державної установи "Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України"; Україна, 03187, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 42; E-mail: maeotica@ukr.net*

**Анотація.** У статті наведено огляд сучасних методів і технологій вимірювання гідрофізичних характеристик, отримуваних під час океанографічних досліджень з використанням науково-дослідницьких суден. Основну увагу приділено комплексному використанню систем спостереження за гідрофізичним станом у Чорному морі.

**Ключові слова:** науково-дослідницьке судно, суднові спостереження, гідрофізичні характеристики, Світовий океан.

**Вступ.** Комплекс океанографічних робіт об'єднує спостереження, вимірювання та результати обробки отриманих даних з метою оцінки стану Світового океану в режимі реального або відтермінованого часу. Для одержання інформації про поточний стан морського середовища та для подальшого прогнозування використовують усі найбільш ефективні прилади та методи. При здійсненні спостережень і вимірювань *in situ* для коректного порівняння отриманих результатів важливо дотримуватись міжнародних стандартів, а під час передачі даних у цифровому вигляді до центрів збору даних користуватись загально визнаними стандартами щодо встановлених форматів.

Спостережувальні роботи та вимірювання, спрямовані на оцінку гідрофізичного стану морського середовища зі специфічними притаманними йому фізичними процесами на поверхні та у водній товщі, дозволяють отримувати необхідну інформацію про часовий та просторовий розподіл відповідних параметрів, що його характеризують, за допомогою комплексу контактних і безконтактних технічних засобів – спеціальних технічних пристроїв та апаратів для вимірювання, фіксації, передавання чи запису гідрофізичних параметрів морських вод. Моніторинг, аналіз та оцінка гідрофізичного стану акваторій Світового океану на сьогодні є основою, необхідною для здійснення різних видів морської діяльності, як наукової, так і прикладної, зокрема спрямованої на економічний розвиток, безпеку й оборону, дослідження й охорону навколишнього природного середовища.

**Гідрофізичні параметри морського середовища.** Найбільший вплив на формування гідрофізичного стану мають термодинамічні процеси, що відбуваються на межі атмосфера–океан, через зміни таких характеристик води як температура, солоність, густина, швидкість звуку, електропровідність, показник заломлення, теплоємність тощо. Дією термодинамічних процесів пояснюється розподіл параметрів по глибині (стратифікація) та горизонталі (тепловий і водний баланс, перемішування вод), а також добові, сезонні, багаторічні коливання. В цілому, гідрофізичні поля характеризуються значною мінливістю параметрів, причому глобальна мінливість океану пов'язана, насамперед, з течіями та синоптичними вихорами [6]. Для практичного використання в морегосподарській діяльності необхідно мати

актуальну інформацію про температурний режим, густинну структуру морських вод, зміни рівня моря, поверхневі й підповерхневі течії, хвилювання тощо.

Для вибору методів дослідження важливо розуміти, що гідрофізичні поля Світового океану мають певні особливості. Наприклад, поле температури може змінюватися в межах від  $-1,8^{\circ}\text{C}$  до  $+38^{\circ}\text{C}$ ; поле солоності (відносний вміст у воді всіх розчинених у ній мінеральних солей і газів) регулюється такими факторами, як розчинність, знесення теригенного матеріалу, масообмін з атмосферою та донними осадами, діяльність організмів; розподіл поля густини у морській воді залежить від температури, солоності, гідростатичного тиску, стратифікованих з глибиною [13]. Поверхня моря характеризується хвилюванням, у верхньому шарі (глибиною до 50–60 м) спостерігаються вітрові хвилі висотою до 12–13 метрів [3].

Внаслідок значної мінливості гідрофізичних полів особливо важливого значення набуває інформація про їхній стан та еволюцію для оцінки оперативної обстановки в режимі близького до реального часу та розробки прогностичних моделей гідрофізичних полів, у першу чергу, – температури та солоності [4, 12]. Причому для оперативної оцінки стану морського середовища особливе значення має вивчення гідрофізичних полів, від яких залежить можливість виникнення небезпечних ситуацій через значні просторові й часові зміни термохалінної структури водного середовища, параметрів течій, хвильових характеристик у певних акваторіях, особливо при короткотерміновому, аперіодичному характері цих змін [7].

Модель оперативного прогнозу має достовірно відтворювати температурну та халінну стратифікацію океану та мінливість термохалінних параметрів, а також повинна включати блок асиміляції отримуваних спостережень – контактних вертикальних і профільних значень температури та солоності води (у тому числі, з дрейфуючих буїв і буїв-профілемірів) та даних дистанційного зондування океану [8, 14, 17].

Для одержання максимально повної інформації про зміну гідрофізичного стану морського середовища та здійснення прогностичних розрахунків необхідно забезпечити збирання, обробку та узагальнення оперативної інформації в реальному чи близькому до реального часі. З огляду на це, особливо важливим є постійне вивчення й моніторинг тих гідрофізичних характеристик морського середовища, які спричиняють зміни фізичних умов і, зрештою, визначають його стан [2, 10, 21].

Основними джерелами оперативних океанографічних даних про зміни гідрофізичних параметрів стану морських вод, таких як температура поверхні води, швидкість вітру й течій, вітрове хвилювання, в режимі, близькому до реального часу, є спостережувальні системи – заякорені та дрейфуючі гідрометеорологічні й океанографічні буї, буї Argo, супутникові засоби, глобальна та регіональні відкриті та комерційні оперативні системи океанографічних даних та інформації. Від спостережувальних платформ результати вимірювань у різний спосіб потрапляють до центрів збору даних, де проходять контроль якості та кодуються для передачі у Глобальну систему телезв'язку (ГСТ) у спеціальних форматах [6].

Збір і накопичення гідрофізичних даних відбувається різними технічними засобами, кожен з них має свої переваги та недоліки. Так, системи супутникового спостереження можуть отримувати дані гідрофізичних полів тільки поверхневого рівня моря, але з великих за площею

акваторій. А контактні засоби вимірювання збирають дані від дна до морської поверхні *in situ* на конкретних ділянках акваторії. Саме тому для досягнення найкращого результату в комплексі сучасних океанографічних спостережень усі спостережувальні системи доповнюють одна одну.

**Технічні засоби вивчення морського середовища в рамках Глобальної системи спостережень за океаном у Чорному морі.** В основі вивчення гідрофізичних полів лежать глобальна, регіональні та локальні системи спостережень. Сучасний розвиток досліджень Світового океану в режимі, близькому до реального часу, й оперативної океанографії в цілому пов'язаний із Глобальною системою спостережень за океаном (Global Ocean Observing System, GOOS), створеною для координації міжнародних програм різних напрямів [5]. Глобальна міжнародна система спостережень сприяє збору й розповсюдженню океанографічних даних, підготовці аналізів, прогнозів та інших продуктів для забезпечення урядових, господарчих, наукових та інших споживачів інформацією, необхідною при здійсненні морегосподарської діяльності [5, 20]. Мережа спостережень включає, крім дистанційних вимірювань із супутників і літаків, платформи для контактних спостережень *in situ* (на місці, у водній товщі), а саме: поверхневі й підповерхневі буї (стаціонарні й дрейфуючі) та поплавки, науково-дослідницькі та попутні судна. Крім того, до спостережувальних платформ відносять берегові та гирлові станції й пости.

У рамках GOOS створено європейський модуль EuroGOOS для оперативного обслуговування європейських морів і прилеглих частин океанів зі структурою за регіонами, що суттєво відрізняються за природними характеристиками, вивченістю та економічним положенням. Серед них – Ірландська, Біскайська, Іберійська регіональна оперативна океанографічна система (IBIROOS); Балтійська оперативна океанографічна система (BOOS); оперативна океанографічна система спостережень за океаном у районі Північно-Західного шельфу Європи (NOOS); Середземноморська оперативна океанографічна система (MOON); Чорноморська оперативна океанографічна система в рамках GOOS (Black Sea Observing System, BSOS) [16, 20].

В акваторії Чорного моря діють різні системи збору та передачі океанографічних даних для потреб різних споживачів [16], розташовані вздовж узбережжя та у відкритому морі. Центр моніторингу та прогнозування Чорного моря в рамках Морської служби моніторингу морського середовища *Copernicus* (CMEMS), міжнародної організації, призначеної для вирішення проблем в екологічній, діловій і науковій сферах, асимілює інформацію дистанційного зондування і контактні спостереження морських акваторій та надає користувачам модельну продукцію високої якості [9, 17–19], забезпечує надходження регулярної та систематизованої інформації про фізичний стан океану, морську екосистему та хвильові умови. Тематичні центри акумуляції даних (Thematic Assembly Centres, TAC) збирають усі результати спостережень за океаном як *in situ* (INSTAC), так і з супутників [18]. Поєднання результатів спостережень *in situ*, дистанційного зондування, моделювання та прогнозування в системі спостереження за Чорним морем дозволяє одержувати повне

уявлення про сучасний стан морського середовища та прогнози майбутніх змін фізичного та біогеохімічного стану [16].

У Чорному морі за останні десятиліття існувало кілька систем збору даних чи моніторингу, більшість з них – на національному рівні, які ніколи не синхронізувалися на рівні всього басейну [22]. На рис. 1 наведено дані про траєкторії й точки розташування основних технічних пристроїв – джерел отримання даних *in situ* у Чорному морі за період 1990–2018 рр.: пірнальних поплавків Argo (Argo floats), інших дрифтерів (Drifters), закорених буїв (Mooring), суден (Vessels) та добровільних спостережувальних кораблів (VOS). Рисунок дає загальне уявлення про те, яку приблизно частку від спостережень за гідрофізичними характеристиками в Чорному морі отримують з використанням науково-дослідницьких суден.

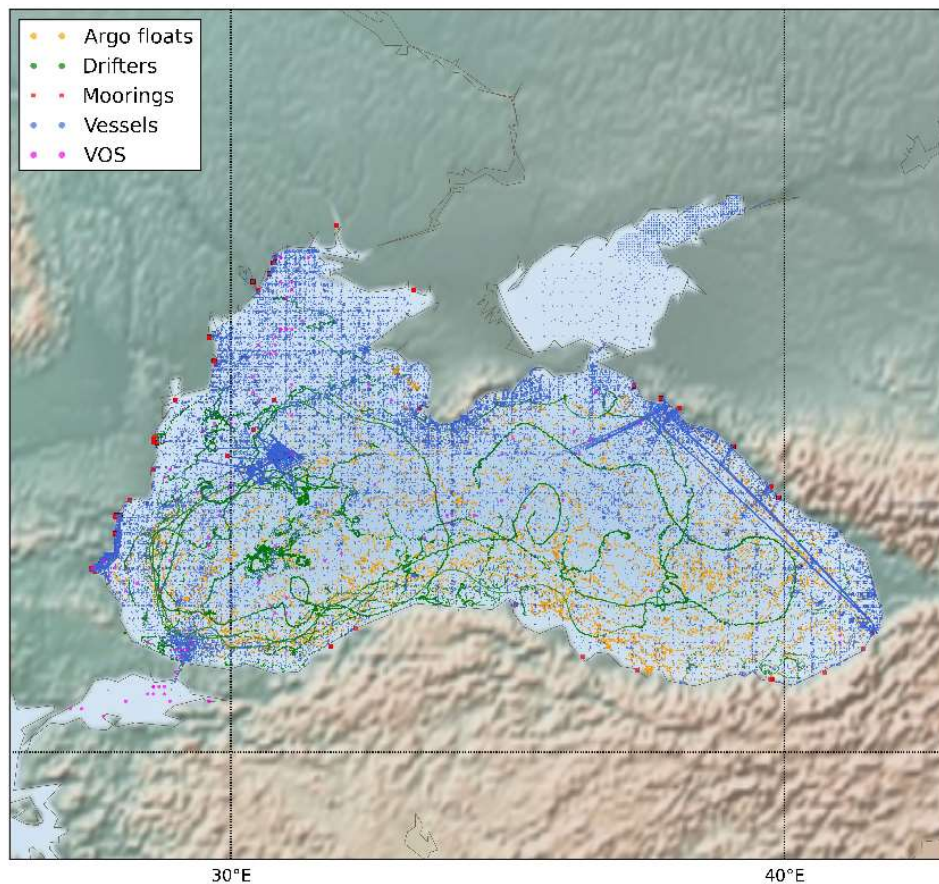


Рис.1. Джерела отриманих *in situ* у Чорному морі океанографічних даних (1990–2018) (за даними [16]). Умовні позначення пояснено в тексті

**Науково-дослідницькі судна та засоби вимірювання гідрофізичних характеристик океану.** Регулярні океанографічні спостереження за допомогою різних спеціалізованих чи попутних (у тому числі, комерційних і малих) суден становлять важливий елемент системи вимірювання в рамках Black Sea GOOS (BSOS). Такі спостереження добре доповнюють дані, отримані *in situ* та за допомогою супутників. Для залучення попутних суден до виконання гідрометеорологічних спостережень Всесвітня метеорологічна організація та Міжурядова океанографічна комісія ЮНЕСКО створили програму SOOP (Ship-of-Opportunity Program),

призначенням якої є вимірювання (згідно з вимогами GOOS) у приводній атмосфері та верхньому шарі океану [11]. Програма орієнтована на підтримку оперативного функціонування спостережувальної мережі за допомогою витратних батитермографів ХВТ, а згодом і витратних профілемірів (вимірюють електропровідність, температуру та глибину).

Науково-дослідні установи країн Чорноморського регіону експлуатують дослідницькі судна для реалізації програм моніторингу або наукових і комерційних круїзів. Деякі з них періодично збирають дані з фіксованих станцій відповідно до національних програм моніторингу або директив Євросоюзу, але координації на регіональному рівні немає [16]. Дослідження із застосуванням суден включають регулярні вимірювання за допомогою батитермографів-профілографів ХВТ та профілюючих ХСТД-зондів для вимірювання глибини, температури та солоності морської води, дискретні та постійні опробування/вимірювання доповнюють моніторингові дослідження фізичної та біогеохімічної структури моря. Для океанографічних спостережень можуть бути використані торговельні, рибальські, військові або невеликі океанографічні судна. Правильно організована вимірювальна система BSOS на основі можливостей судна достатня для постійного контролю за атмосферою (завихрення, теплі потоки), інтенсивністю циркуляційних течій, оптичними параметрами, концентрацією поживних речовин тощо [15].

Якщо судно обладнане термосолінографом для вимірювань на ходу судна, здійснюється неперервна реєстрація температури й солоності поверхневого шару води – координати точок вимірювання визначаються за допомогою системи GPS, а результати вимірювань через супутники надходять до центрів обробки. Крім термосолінографів, до подібних систем прокачування забортної води на ходу судна встановлюють датчики гідрохімічних аналізаторів, вимірювачі флюоресценції, біоломінесценції, інших потрібних біологічних параметрів, а оскільки таке обладнання потребує регулярного обслуговування, його монтують у "мокрих" лабораторіях або інших приміщеннях з підведенням забортної води [1].

Попутні судна можуть бути додатково обладнані акустичними доплерівськими профілемірами течій ADCP для визначення парціального тиску вуглекислого газу в поверхневих водах та деяких інших показників [11].

За допомогою судна можна виконувати [15]:

- регулярні метеорологічні спостереження за допомогою автономних метеостанцій; спостереження за стратифікацією верхнього шару водної товщі за допомогою ХВТ/ХСТД;
- вимірювання температури поверхні моря, провідності та біооптичних змінних за допомогою стандартного зонда STD для вимірювання глибини, температури та солоності морської води;
- спостереження за течіями, температурою поверхні моря та атмосферним тиском за допомогою плавучих буїв, запущених із корабля;
- спостереження за течіями, температурою поверхні моря та атмосферним тиском, а також температурними профілями у верхніх 200 м водної товщі (топографія термокліну) за допомогою дрифтерів, запущених із корабля;

- вимірювання концентрації біогеохімічних або забруднюючих речовин на борту з використанням експрес-аналізаторів;
- дискретні біологічні вибірки (фіто- та зоопланктон) з поверхні моря та постійні спостереження планктону;
- використання системи FerryBox.

**Системи FerryBox у Чорному морі.** У рамках проєкту "MARine Litter, Eutrophication and Noise assessment tools (MARLEN)" ("Морське засмічення, евтрофікація та оцінка шуму – MARLEN") за підтримки програми BG02 "Integrated management of marine and inland waters" ("Комплексне управління морськими та внутрішніми водами") Міжнародного фонду грантів Європейського агентства з охорони довкілля (European Environment Agency Grand, EEA Grand) на двох болгарських нафтових танкерах NAVI та AGAMEMNON, туристичному катамарані та поромі "Дружба" встановлено чотири версії системи Anderraа Ferrybox під назвою SOOGuard. Системи складаються з автоматизованого пакету вимірювання електропровідності, розчиненого кисню, температури, мутності та вмісту хлорофілу. Вимірювання параметрів навколишнього середовища в поверхневій воді вздовж маршруту суден збираються та передаються в близькому до реального часу [22]. З більш детальною інформацією можна ознайомитись за посиланням: <http://ftpdc.io-bas.bg>.

Результати вимірювань датчиків системи FerryBox (Болгарія) у близькому до реального часу є у вільному доступі для будь-яких зацікавлених споживачів.

На рис. 2 показано загальні маршрути кораблів у Чорному морі (на початок 2000-х років), а цифрою позначено мінімальну кількість суден, що на той час регулярно курсували на кожному з них. Екіпажі кораблів, як правило, добре знайомі з попутними океанографічними роботами, тому ідеально організована система вимірювань на основі можливостей корабля, за [15], цілком може забезпечити моніторинг основних параметрів такого басейну, як Чорне море.

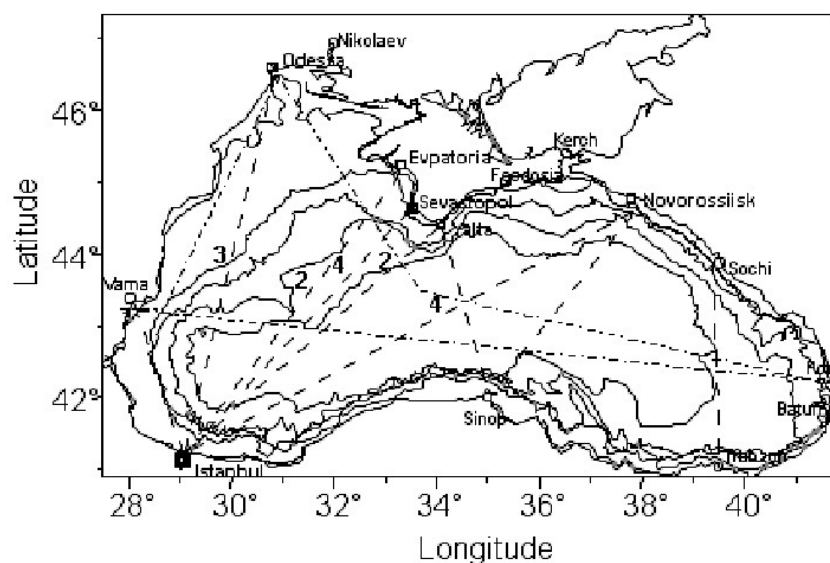


Рис. 2. Загальні судноплавні шляхи в Чорному морі на початок 2000-х років (за матеріалами [15])

На початку XXI ст. була розроблена Міжнародна програма спостережень з маломірних суден (Small-vessel observation program) [15].

Ця програма пропонувала виконувати постійні вимірювання на шельфі на обраних розрізах, від узбережжя до глибокої частини, протягом доби або приблизно щотижнево. Було запропоновано використати факт, що великі морські інститути країн Чорного моря володіють невеликими дослідницькими суднами, призначеними для прибережних та шельфових досліджень. Програма була розрахована лише на малі судна з огляду на вартість, практичність і доступність. Передбачалося, що програма щороку надаватиме унікальні дані про часові ряди по всьому басейну для оцінки параметрів навколишнього середовища.

Вузкість і крутість більшості акваторій шельфу Чорного моря дозволяють здійснювати ефективні локальні моніторингові спостереження на обмежених ділянках. Вимірювання проводять протягом доби або близько того в прибережних акваторіях шельфу, а також на континентальних окраїнах протягом тижневих періодів часу. Ряд малих дослідницьких суден збирає дані вздовж розрізів на окраїнах моря та біля портів (щоб мінімізувати витрати корабельного часу). Очікується, що здійснення програми дасть змогу накопичити необхідні часові ряди даних для розрахунку біологічних і гідродинамічних моделей.

На даний час усі основні морські інститути країн Чорного моря мають STD-зонди Sea Bird Electronics з розетковими пробовідбірниками, оснащені флуорометрами, трансмісометрами, датчиком коефіцієнта ослаблення пучка світла, датчиком *pH* та стандартним обладнанням для відбору проб. Значна кількість дослідницьких суден здатна працювати в Чорному морі. Пробовідбірники-пастки для вловлювання осаду також доцільно розгорнути в деяких найбільш важливих місцях протягом певного періоду для отримання даних про потоки завислих частинок, що опускаються з поверхневого шару.

Результати попутних спостережень надходять до берегових центрів збору [6]: на більшості суден вимірюють основні характеристики приводного атмосферного шару, температуру поверхні води, параметри хвиль, стан крижаного покриву, режим спостережень відбувається у встановлені синоптичні терміни (00, 06, 12, 18 годин), а дані в оперативному режимі поширюються каналами Глобальної системи телезв'язку в кодових формах без контролю даних. Недоліком таких вимірювань, як зазначає [6], окрім необхідності уніфікації результатів згідно зі стандартними вимогами, є нерівномірність поширення та щільності спостережень, пов'язана з судновими маршрутами. Тому для оперативної оцінки поточного стану, наприклад, поверхневої температури використання тільки суднових спостережень є недостатнім, проблема вирішується застосуванням точніших даних буїв і супутникових систем.

**Профільні вимірювання.** Дрифтерні системи створені для реєстрації приповерхневих характеристик, втім для моніторингу гідрофізичних полів необхідна регулярна інформація про стан глибших шарів, для чого використовують зондування по глибині, результати вимірювань якого є, по суті, вертикальними профілями параметрів. Саме так в оперативному режимі отримують дані про температуру й солоність морської води, швидкість течій та деякі гідрохімічні параметри. Для одержання порівняно сталих потоків масових даних про

вертикальну структуру гідрофізичних полів в оперативному режимі використовують вимірювання вертикальних профілів температури та солоності морської води. Для цього використовують [6]: пірнальні буї Argo, заякорені буї, попутні судові STD- та ХВТ-зондування, а також великих морських ссавців з вимірювальними датчиками.

Наприклад, термобатиграф ХВТ скидають із судна в ручному чи автоматизованому режимі, вимірюють температуру у процесі майже вільного занурення з відомою швидкістю до повного розмотування дроту до бортового реєстратора (до 1 км). Вимірювання перераховуються за швидкістю та часом занурення на відповідні горизонти й через супутники передаються до центрів збору даних. Щорічно, за інформацією [6], здійснюють близько 20–25 тис. батитермографічних зондувань, причому значний внесок припадає на центри даних структури Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA). Втім подібні профілі температури у верхньому шарі за допомогою батитермографів використовуються в багатьох оперативних системах океанографічних даних. Основний їхній недолік – дуже мале покриття даними акваторій Світового океану та порівняно невисока точність вимірювань.

**Висновок.** Здійснення регулярних вимірювань в океані технічно досить складне. Отримання якісних нових даних на сучасному рівні вимагає появи нових і модернізації діючих спостережувальних платформ і вимірювальних приладів як для вивчення процесів на поверхні, так і профілювання. Контактні океанографічні спостереження призначені для вимірювань безпосередньо в морі, що для термодинамічних і динамічних параметрів означає перебування технічного засобу (приладу) у точно визначених (фіксованих) точках океану. З метою збору інформації в оперативному чи близькому до нього режимі максимально ефективним є широке застосування як спеціально обладнаних науково-дослідницьких суден, так і різноманітних комерційних і маломірних для попутних судових спостережень, поєднане з використанням даних супутникових спостережень та інших контактних спостережувальних платформ: дрейфуючих і заякорених буїв, хвильових буїв, засобів вимірювання рівня моря у системі Глобальних і регіональних систем спостережень за гідрофізичним станом акваторій та Світового океану в цілому.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Буланова Н.П., Левашов Д.Е. Развитие систем прокачки забортной воды для измерения параметров окружающей водной среды на ходу судна. *Труды ВНИРО*. 2019. Т. 175. С. 191–199.
2. ГОСТ 2363 4-8 3. Морская навигация и морская гидрография. Термины и определения. [Ст. СЭВ 3849-8 2]. Изд. Офиц. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984.
3. Дерепя А.В. Гидролого-акустические особенности морской среды и их влияние на структуру построения комплексной системы "гидроакустическое вооружение – надводный корабль". *Військово-морські сили. озброєння та військова техніка*. 2015. № 4. С. 15–21.
4. Дорофеев В.Л., Сухих Л.И. Анализ изменчивости гидрофизических полей Черного моря в период 1993–2012 годов на основе результатов выполненного реанализа. *Морской гидрофизический журнал*. 2016. № 1. С. 33–48.
5. Ерёмкина Т.Р., Софьина Е.В., Дайлидиене И. Оперативная океанография. СПб.: РГТМУ, 2014. 99 с.
6. Зеленко А.А. Оперативная океанология: моделирование, мониторинг и прогнозирование гидрофизических полей Мирового океана : дисс. ... д-ра физ.-мат. наук : 25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы. Москва, 2018. 251 с.



7. Ковчин И.С., Сафрай А.С., Степанюк И.А., Рябченко В.А. Технология исследования изменчивости гидрофизических полей океана для обеспечения безопасности подводных работ / *Материалы библиотеки ВНИРО*. URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/2837>.
8. Коротаев Г.К. Оперативные модели и морские прогнозы. Мировой океан: модели, данные и оперативная океанология : тезисы докладов научной конференции. 2016. С. 29–30.
9. Моніторинг і прогнозування стану Чорного моря в міжнародній програмі Copernicus / Неворова С.І., Нестеренко Л.В., Федосєєнков С.Г., Шундель О.І. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*. 2020. №2(13). С. 101–113.
10. Положення про навігаційно-гідрографічне забезпечення мореплавства у внутрішніх морських водах, територіальному морі та виключній (морській) економічній зоні України / затверджено Указом Президента України від 27.08.2004 № 1009. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0708-06>.
11. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Москва, 2016. 537 с.
12. Система усвоения океанографических данных и ретроспективный анализ гидрофизических полей мирового океана / А.А. Зеленко и др. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2016. Т. 52, № 4. С. 501–513. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002351516040143>.
13. Физика океана: в 2-х т. М : Наука, 1978. Т. 1. 456 с.
14. Black Sea Analysis and Forecast (CMEMS BS-Currents, EAS3 system) (Version 1) [Data set] / Ciliberti, SA. et al. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). 2020. DOI: [https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA\\_ANALYSIS\\_FORECAST\\_PHYS\\_007\\_001\\_EAS3](https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHYS_007_001_EAS3).
15. Black Sea Data Management Guide IOC Manuals and Guides / UNESCO. 2002. № 43.
16. Black Sea Observing System / Palazov, A. et al. *Frontiers in Marine Science*. June, 2019. V. 6. A. 315. URL: [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org).
17. Black Sea Physical Reanalysis (CMEMS BS-Currents) (Version 1) [Data set] / Lima, L. et al. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). 2020. DOI: [https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA\\_REANALYSIS\\_PHYS\\_007\\_004](https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_PHYS_007_004).
18. Copernicus Marine Environment Monitoring Service In Situ Thematic Assemble Centre. URL: <http://www.marineinsitu.eu/>.
19. Copernicus Marine Service Catalogue. March, 2020. URL: <https://marine.copernicus.eu/wp-content/uploads/catalogue-cmems.pdf>.
20. European Operational Oceanography: Present and Future: Proceedings of the Thouth international Conference on EuroGOOS (Brest, France, 6–9 June, 2005). Norrköping, Sweden: EuroGOOS Office SVHI, 2006. 856 p.
21. International Hydrographic Organization (IHO). 2020. URL: <https://iho.int/en/importance-of-hydrography/>.
22. Sea Basin Checkpoint. Literature Survey. Lot 4: Black Sea. / Pinardi, N. et al. / Funded by: EUROPEAN COMMISSION, EXECUTIVE AGENCY FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES. D 1.3. Version: V10. Date: 08/07/2016. 153 p.

### **Судовые методы и технологии измерений гидрофизических характеристик морской среды**

Ю.А. Тимченко

*Тимченко Юлия Анатольевна – к.геол.н., заведующая отделом океанографии Государственного учреждения "Научный гидрофизический центр Национальной академии наук Украины"; Украина, 03187, г. Киев, просп. Академика Глушкова, 42; E-mail: maeotica@ukr.net*

**Аннотация.** В статье приведен обзор современных методов и технологий измерения гидрофизических характеристик, получаемых во время океанографических исследований с использованием научно-исследовательских судов. Основное внимание уделяется комплексному использованию систем наблюдения за гидрофизическим состоянием в Черном море.

**Ключевые слова:** научно-исследовательское судно, судовые наблюдения, гидрофизические характеристики, Мировой океан.

### **Ship methods and technologies for measuring the hydrophysical characteristics of the marine environment**

Yu.A. Tymchenko

*Tymchenko, Yuliya Anatoliivna – Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher of the Oceanography Department, State Institution "Scientific Hydrophysical Center of the National Academy of Sciences of Ukraine"; Ukraine, 03187, Kyiv, 42 Akademika Hlushkova Ave.; E-mail: maeotica@ukr.net*

**Abstract.** The article provides an overview of modern methods and technologies for measuring hydrophysical characteristics obtained during oceanographic research using research vessels. The main attention is paid to the integrated use of systems for monitoring the hydrophysical state in the Black Sea.

**Key words:** research vessel, ship observations, hydrophysical characteristics, World Ocean.

### References

1. Bulanova NP, Levashov DYe. The development of flowing seawater systems for measuring the characteristics of the aquatic environment from underway vessel. Trudy VNIRO. 2019;(175): 191–9 [in Russian].
2. Marine navigation and marine hydrography. Terms and Definitions. GOST 2363 4-8 3. Standard SEV 3849-8 2. Official ed. Moscow: USSR State Committee for Standards; 1984 [in Russian].
3. Derepa AV. Hydrological and acoustic features of the marine environment and their influence on the structure of the complex system "Hydroacoustic weapons – surface ship". Viiskovo-morski syly. Ozbroyennia i viiskova tekhnika. 2015;(4): 15–21 [in Russian].
4. Dorofeyev V.L., Sukhikh L.I. Analysis of variability of the Black Sea hydrophysical fields in 1993 – 2012 based on the reanalysis results. Morskoy gidrofizicheskiy zhurnal. 2016;(1): 33–48 [in Russian].
5. Eremina TR, Sofyina EV, Daylidiene I. Operational Oceanography. Saint Petersburg: Russian State Hydrometeorological university; 2014 [in Russian].
6. Zelenko AA. Operational Oceanology: Modeling, Monitoring and Forecasting of the Hydrophysical Fields of the World Ocean [dissertation]. Moscow; 2018 [in Russian].
7. Kovchin IS, Safray AS, Stepanyuk IA, Ryabchenko VA. Research technology of the ocean hydrophysical fields variability to ensure the safety of underwater work. Materials of the VNIRO library. URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/2837> [in Russian].
8. Korotayev GK. Operational models and marine forecasts. The World Ocean: Models, Data and Operational Oceanology: Abstracts of the Scientific Conference. 2016:29–30 [in Russian].
9. Nevierova SI, Nesterenko LV, Fedoseienkov SH, Shundel OI. Monitoring and forecasting of the state of the Black Sea in the international Copernicus programme. Oceanographic Journal (Problems, methods and facilities of the World Ocean). 2020. Vol.2(13):101–113 [in Ukrainian].
10. Prezydent Ukrainy. Provisions on navigation and hydrographic safety of navigation near internal sea waters, territorial sea and economic (sea) economic zones of Ukraine. By the Decree of the President of Ukraine dated August 27, 2004. №1009. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0708-06> [in Ukrainian].
11. Guidelines for Hydrological Work in Oceans and Seas. Moscow; 2016 [in Russian].
12. Zelenko AA et al. Oceanographic data assimilation system and retrospective analysis of hydrophysical fields of the World Ocean. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2016; 52(4): 501–13. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002351516040143> [in Russian].
13. Ocean physics. In 2 vols. Moscow: Nauka; 1978. Vol. 1 [in Russian].
14. Black Sea Analysis and Forecast (CMEMS BS-Currents, EAS3 system) (Version 1) [Data set] / Ciliberti, SA et al. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). 2020. DOI: [https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA\\_ANALYSIS\\_FORECAST\\_PHYS\\_007\\_001\\_EAS3](https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHYS_007_001_EAS3).
15. UNESCO. Black Sea Data Management Guide IOC Manuals and Guides. 2002; No. 43.
16. Palazov A. et al. Black Sea Observing System. Frontiers in Marine Science. June, 2019;(6): A. 315. URL: [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org).
17. Lima, L. et al. Black Sea Physical Reanalysis (CMEMS BS-Currents) (Version 1) [Data set] Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). 2020. DOI: [https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA\\_REANALYSIS\\_PHYS\\_007\\_004](https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_PHYS_007_004).
18. Copernicus Marine Environment Monitoring Service In Situ Thematic Assemble Centre. URL: <http://www.marineinsitu.eu/>.
19. Copernicus Marine Service Catalogue. March, 2020. URL: <https://marine.copernicus.eu/wp-content/uploads/catalogue-cmems.pdf>.
20. International Hydrographic Organization (IHO). 2020. URL: <https://iho.int/en/importance-of-hydrography/>.
21. Pinardi, N. et al. Sea Basin Checkpoint. Literature Survey. Lot 4: Black Sea. Funded by: EUROPEAN COMMISSION, EXECUTIVE AGENCY FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES. D 1.3. Version: V10. Date: 08/07/2016. 153 p.