

ХИДРОЛОГИЧНИ И ХИДРОФИЗИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА ЧЕРНО МОРЕ

Траян Траянов

HYDROLOGICAL AND HYDROPHYSICAL PARTICULARITIES OF THE BLACK SEA

Trayan Ttayanov

Abstract: The present report describes the most typical hydrological and hydrophysical characteristics of the Black Sea. Some of the findings are the result of many years of research of the water masses on seasonal profiles Kaliakra, Galata, Emine, Maslen nos, distance 1, 3, 10, 20 and 30 miles. The investigations were carried out with R/V „Akademic” and R/V „Prof. A.Valkanov” and are financially supported by EU 5th FP- projects „DANURS” (EVK1 – CT 2000 -00051 (2000 – 2002) and „EUROGEL” (EVK-CT 2002 -00074)(2002 – 2004).

Keywords: oceanography, hydrology, hydrophysica, the Black Sea.

По своята океанографска структура Черно море се отличава със своя аномален характер по отношение на водите на Световния океан. Основната черта на тази аномалия се състои в това, че от дълбочина 100-200 m до самото дъно, т.е. до 2000 m морската вода съдържа сероводород. Тук разтвореният във водата кислород отсъства и като следствие на това животински и растителен свят липсва. Всичко това говори за естествена стагнация на дълбочинните води, за слабо конвекционно смесване с лежащите по-горе води и за слаба стратификация на водните маси в сероводородния слой.



Фиг.1. Сателитна снимка на Черно море

Друга по-малко известна особеност на Черно море е относително високата температура $+9^{\circ}\text{C}$ на придънния слой вода (2000 m) [3]. Докато на същата географска ширина в Атлантическия океан температурата на водата до дълбочина 2000 m никога не надвишава $+3 - 3,5^{\circ}\text{C}$, с изключение на район в близост до Гиблартар, където тя достига до $+4 - 4,5^{\circ}\text{C}$. Интересна особеност на свързаното с Черно море посредством проливите Босфора и Дарданелите Средиземно море е, че температурата на водата на същите дълбочини е $+13 - 13,5^{\circ}\text{C}$. През зимата повърхностните води на Средиземно море се охлаждат именно до тези температури.

Добре известно е, че през Босфора се осъществява двустранен обмен на вода; с повърхностното течение в пролива постъпват от Черно море по-сладки и по-леки води, а с придънното (компенсационно) течение в Черно море се втичат по-солени и по-тежки води от

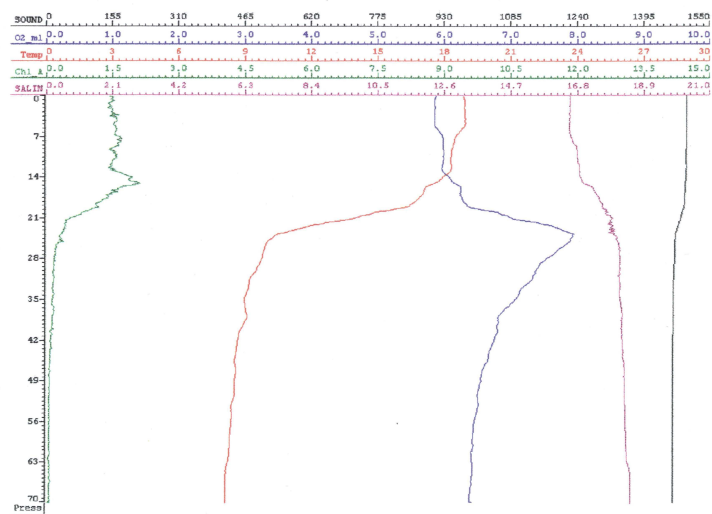
средиземноморски произход. Тези води на прага на прибосфорския район са с температура 12°C и соленост 31‰. По-нататъшното понижение на солеността в Черно море до 22,4 ‰ и на температурата до $+9^{\circ}\text{C}$ е резултат от смесването с т.нар. хладен промеждутъчен слой (ХПС) [3], за който ще стане дума по-долу, е със соленост около 18,5 ‰ и температура около $7,5^{\circ}\text{C}$.

Друг подобен водообмен в Черно море се осъществява чрез Керченския пролив. В предвид малката дълбочина на пролива двуслойна система на теченията тук липсва. Повторяемостта на течението от Азовско към Черно море достига до 58 %, а от Черно към Азовско - 38 %. Солеността на постъпващите азовски води е 12 ‰, а на навлизащите в Азовско море черноморски води е 17,5‰ [1, 6, 7, 10].

Отличителна особеност на Черно море е и неговия положителен пресноводен баланс. В него се вливат големите европейски реки Дунав, Днестър, Южен Буг, Днепър. Годишният приток на всички реки е 294 km^3 , валежите са 254 km^3 , а изпаренията от цялата повърхност на Черно море са 301 km^3 [6,8]. Средният положителен баланс на пресноводните води обаче не довежда до опресняване на морската вода поради вливането през Босфора на по-солени мрамороморски води.

От този положителен баланс пък се оформя и друга характерна особеност на Черно море – повишаването на солеността с повишаване на дълбочината. Средната соленост на повърхностния слой в централната част на Черно море е 16 – 18 ‰ достигайки до 21 -22,5‰ на абисалното дъно (2000 m).

Хоризонталното разпределение на температурата на повърхностните води на Черно море се определя от климатичните особености на различните му райони. Повърхностните води се нагряват през лятото до $25 - 28^{\circ}\text{C}$ (28°C в близост до брега). През зимата те се охлаждат до 6°C , дори до 4°C , като в студени зими Азовско море и северо-западното крайбрежие на Черно море замръзват. Дълбочинните води през цялата година имат температура $+9^{\circ}\text{C}$.



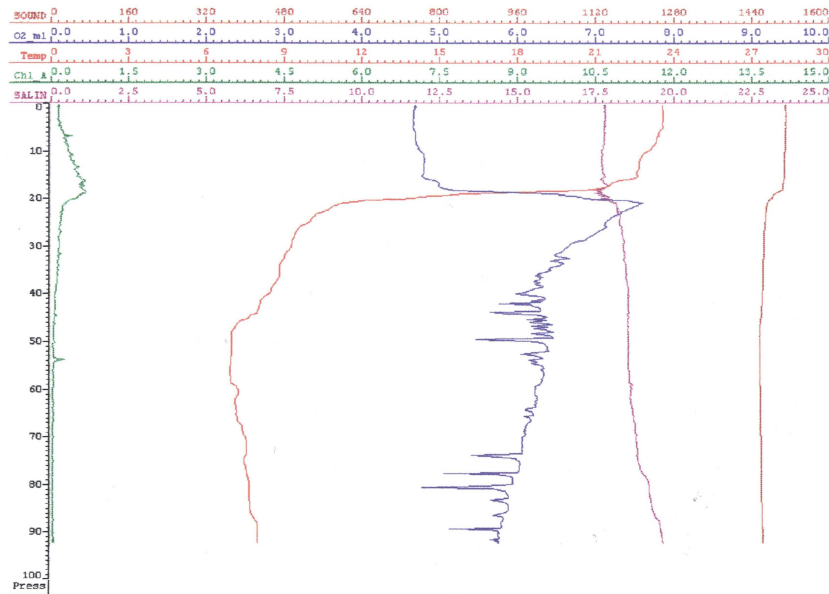
Cape Galata -20 mile, 05.06.2002

Фиг.2. Cape Galata – 20 miles (05.06.2002 г.) – силно изразен пролетен термоклин, а повърхностния слой е силно опреснен под влиянието на Дунавския отток.

Друга отличителна особеност на хидрологичната структура на Черно море е наличието на хладен промеждутъчен слой (ХПС) [3,9,12]. Този слой има дебелина 50 – 100 m и се образува в резултат на есенно-зимната конвекция. Повърхностните води понижават температурата си до $6 - 7^{\circ}\text{C}$. В резултат на охлаждането плътността на водата се увеличава, устойчивата стратификация на горните слоеве се нарушава и се образува еднороден (изотермен) слой до дълбочини около 60 m. В процеса на конвективно преместване на водни маси се изравнява не само температурата, но и солеността. През пролетта и лятото морската вода се затопля и в края

на юли или началото на август се възстановява лятната стратификация на водните пластове. Прогряването обаче не е достатъчно, за да ликвидира ХПС, само че горната му граница се регистрира на по-голяма дълбочина и конвекцията на температурата не прониква по-дълбоко от 100 – 150 m. Така, че ХПС съществува като постоянен фактор на хидрологичната структура на Черно море [3,9,12]. Друга причина за образуването на ХПС в Черно море се явява адвекцията (хоризонталния пренос) на студени води, образуващи се през зимата в северозападната му част, на юг покрай българския черноморски бряг.

Промяната на температурата от своя страна определя посоката на изменението на разтворения във водата кислород – параметър обуславящ появата на струпвания на фито и зоопланктон на различни хоризонти, както и на другите представители на хранителната верига – мекотели, риби и млекопитаещи (делфини) [9, 12].



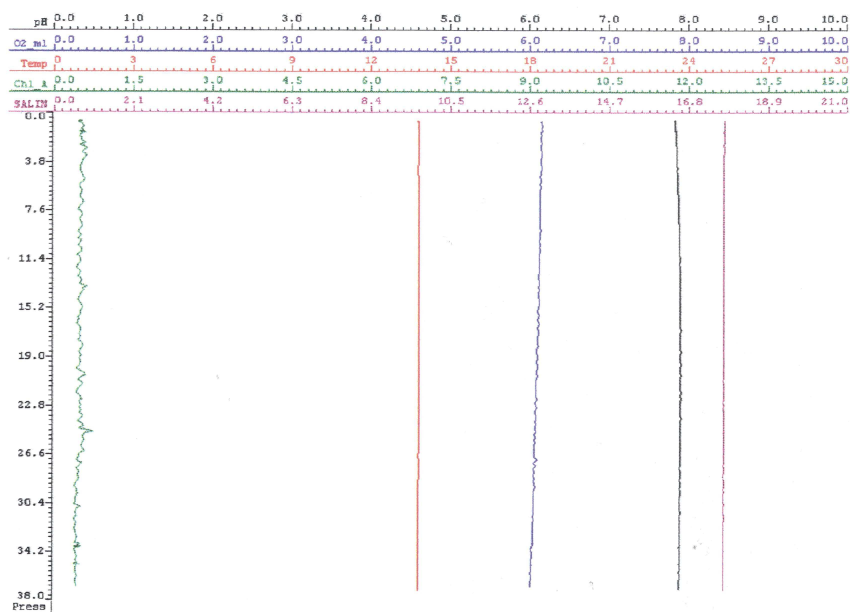
Cape Kaliakra –30 mile, 25.08.2002

Фиг.3. Cape Kaliakra – 30 miles (25.08.2002 г.) – пример за силно изразен летен термоклин, най в дясно се вижда зависимостта на скоростта на звука от промяната на температурата.

Голямата плътностна разслоеност по дълбочина е друга хидрологична особеност на Черно море [12]. Плътностният режим на водните маси зависи от температурата, солеността и дълбочината. Промените на солеността на повърхностните черноморски води пред българския бряг зависят основно от дунавския отток [9]. През пролетта солеността намалява, а към началото на есента достига най-голяма стойност. По вертикала солеността се увеличава в дълбочина с променливи градиенти, по-големи в горните слоеве и към специфичните хоризонти (термоклин – слоя на скока на температурата, халоклин – слоя на скока на солеността и пикноклин- слоя на скока на плътността) със значителни плътностни разлики. Характерните сезонни различия на термохалинната структура дават т.нар. TS – диаграми.

Във връзка с вертикалното разпределение на температурата и солеността устойчивостта на слоевете в горните хоризонти е минимална през лятото (юли) и максимална през зимата (февруари).

За вертикалната стратификация на плътността допринасят и ветровете. Северозападната част на Черно море се намира в умерена климатична зона, където сезонната изменчивост е значителна [7], [8]. Най-студен месец е януари, със средномесечна температура на въздуха от – 2 до – 3⁰ С. При продължително нахлуване на студен въздух от север, под влиянието на азиатски антициклон, температурата на въздуха в отделни дни може да достигне до – 25⁰ С.



Cape Emine -1 mile, 19.11.2002

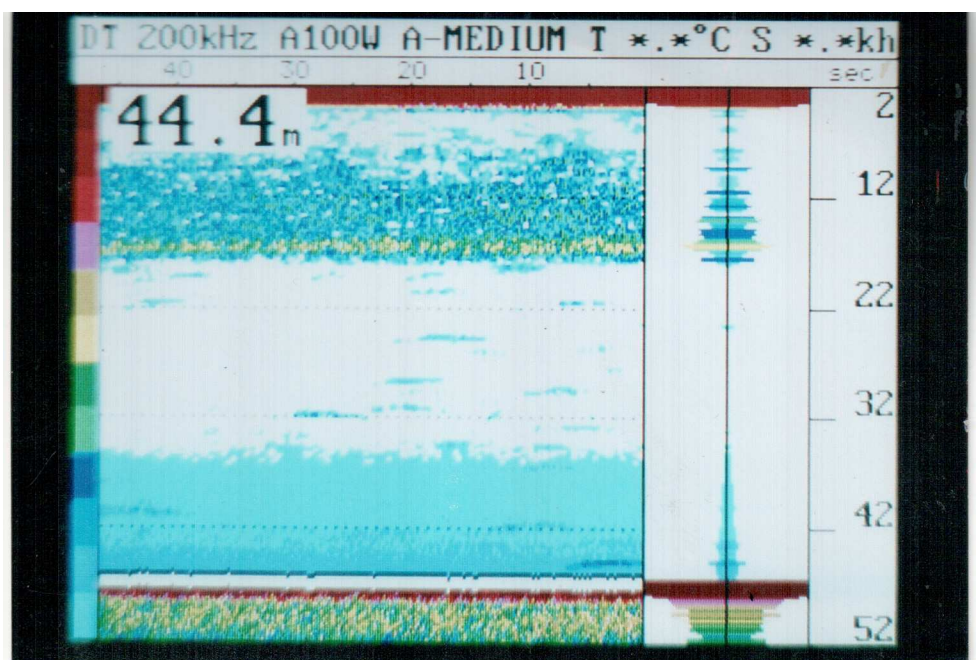
Фиг. 4. Cape Emine 1 mile - (19.11.2002 г.) – типичен пример за изотермично и изохалинно напластяване. Такива характеристики могат да се измерят през февруари-март (зимна изотермия), през май-юни (пролетна изотермия), през август-септември (лятна изотермия) и през ноември (есенна изотермия, но при различни температури).

През лятото Черно море попада под влиянието на средиземноморски циклон. Средната месечна температура в северозападната му част през юли достига $+22-23^{\circ}\text{C}$. В отделни дни най-високите температури достигат $+35-37^{\circ}\text{C}$. През зимата преобладават ветрове от север и северозапад, а през лятото зачестяват ветровете от изток. В годишният ход на скоростта на вятъра, като правило е изразен един максимум през декември-март и един минимум през юли-септември с годишна амплитуда $3 - 5\text{ m/s}$. Голям е броят на дните със силен вятър (над 15 m/s) за нос Калиакра и нос Емине – между 60 и 87 дни, а за останалите крайбрежни райони -15 - 30 дни [1,6,7,8].

Характерно явление за Черноморското ни крайбрежие са бризовите ветрове. Дневният бризов поток (от морето към брега) се появява най-често като източен или югоизточен вятър със скорост $4 - 5\text{ m/s}$. Континенталният бриз (от брега към морето) се появява нощем и рано сутрин и има скорост $2 - 3\text{ m/s}$ [7]. Преди, когато рибарските лодки и гемии са нямали още двигатели тези ветрове са били използвани най-рационално – в морето се влизало на платна сутрин рано с бреговия бриз и са се връщали след пладне с морския бриз.

Голямо значение за плътностната стратификация на водните маси по нашето Черноморско крайбрежие имат сгонно-нагонните явления. Първи проф.Рожественски (1949 г.) свързва сгонно-нагонните процеси в крайбрежните води с промените на термохалинните индекси [8].

При сгон имаме ефект на изтласкване на топлите повърхностни води вследствие продължителното въздействие на ветрове от запад или от западната четвърт навътре в морето и постъпването на тяхно място по-студени и по-солени дълбочинни води. Установената лятна стратификация на водните маси се изменя драстично, като от това следва и изменение на плътностните характеристики, както и на разпределението на фитопланктон, на зоопланктон и до появата на пасажни от пелагични риби.



Фиг. 5. Саре Kaliakra – 1 mile - ехолотен запис на трислойна структура на водното тяло.

Обратното явление, породено от въздействието на продължителни източни или североизточни ветрове, пораждащи и съответно ветрово вълнение, е свързано с преместване на водни маси от открито море към брега и даже с покачване на водното ниво. Като резултат от продължителен стгон на повърхностните води от брега към морето се появява и явлението ъпуелинг [2]. Ъпуелинг означава издигане на дълбочинни води на повърхността. Той може да бъде предизвикан и от разходящи или течения отходящи от сушата. Издигнатите на повърхността дълбочинни води се отличават по своите свойства от повърхностните – те са по-студени и по-плътни. Понякога по време на ъпуелинг през лятото дълбочинните води издигнати на повърхността са с температури по-ниски от зимните. При ъпуелинга издигащите се води носят големи количества биогенни вещества (фосфати, нитрити и пр.) и това довежда до висока биологична продуктивност. С това явление се обесняват „цъфтежите” на фитопланктон и масовия мор на дънни риби [9]. В резултат на ъпуелинга се оформя различна плътностна стратификация на водните маси. То предизвиква хоризонтален градиент на плътността, който заедно с въздействието на вятъра поражда геострофични течения в крайбрежните райони.

Теченията пред българското крайбрежие имат доминираща южна посока. Проф. Рождественски (1978 г.) описва схема с три характерни повърхностни течения [8]: непосредствено крайбрежно течение, зависещо най-вече от ветровете, с преобладаваща южна посока в откритата част на крайбрежието и със завихрения и противотечения в заливите; междинно противотечение (със северна посока) на известно разстояние от брега и основно черноморско течение (ОЧТ) простиращо се в дълбоководието [12]. Силата, посоката, широчината и дълбочината на теченията имат сезонен характер. Обикновено в открито море се регистрират двуслойни течения – повърхностни (до дълбочина 10 m), като т.нар. ОЧТ с преобладаваща южна посока и дълбочинни – с обратна посока (противотечения). Скоростите на теченията в Черно море са с неголеми стойности 15-30 cm/s, но в североизточната част на българското крайбрежие са регистрирани инструментално мощни течения превишаващи понякога 2m/s.

Хидрооптична особеност на Черно море е цветът на морската вода. Той се променя от синьозелен до глинеесто-кафяв и даже червеникав в незамърсените части на плитководието, а в дълбоководието обикновено е син [6,7,10]. Освен пространствените изменения цветът на

водата има и сезонни промени, свързани с различията в облачността, броят на слънчевите дни, сезонното развитие на хлорофила и фитопланктона, речния отток и вълненията. Турбулентните процеси в Черно море са свързани главно с вертикалната стратификация на плътността и с морските течения и вълнение. Турбулентността представлява режим на морските течения, при който хидродинамичните и термодинамични параметри скорост, налягане, плътност, температура пулсират безредно и се изменят неравномерно във времето и пространството. Между отделните стратифицирани слоеве се осъществява турбулентен обмен и турбулентна дифузия. Турбулентната дифузия определя разпространението на всички видове замърсители попаднали в обсега на морските течения.

Вътрешните вълни в Черно море се появяват най-често на повърхността на пикноклина (слоя на скока на плътността) и други специфични хоризонти, както и на границата на кислородната и сероводородната зона [11] и представляват периодични изменения на температурата, солеността, количеството на растворени газове и планктонни съобщества в подповърхностните слоеве.

Прозрачността на черноморската вода в плитководните части е от 0,5 до 10 m, а в дълбоководието – от 7 до 30 m [6, 7, 10]. Водните слоеве във вертикална посока са често с различна прозрачност, което се дължи на натрупване в различни хоризонти на неорганични и органични суспензии, планктонен сняг (детрит), включително и жив планктон.

Акустичните свойства на черноморската вода са свързани главно с термохалинната структура на водните маси [4]. С повишаване на температурата, солеността и дълбочината скоростта на звука расте. Най-съществено влияние върху скоростта на звука оказва изменението на температурата – зависимостта има параболичен характер. Докато скоростта на звука се явява линейна функция на солеността и дълбочината (респ. хидростатичното налягане). Термохалинната разслоеност прави черноморската вода нееднородна среда, особено през лятото и в осладените от теченията райони, в резултат на което разпространението на звука под водата се усложнява от явленията дисперсия, реверберация, дифузия, звуков канал и прочие. За графично изображение на зависимостта на скоростта на звука от температурата и солеността се използват т.нар. T-S-C диаграми. Акустичните характеристики на морската среда като специфично акустично съпротивление, коефициент на пречупване, отражение и разсейване на акустичната енергия включват в своите изражения скоростта на звука.

Всичките хидрофизични (абиотични) и биотични фактори обуславящи нееднородността и изменчивостта на стратификация на водните слоеве по вертикала водят до появата на т.нар. звукоотсейващи слоеве (ЗРС)[5].

Литература:

- [1] Вълканов, А. и др. 1978. Черно море. Изд. „Г.Бакалов” Варна, 635 с.
- [2] Демирев,Е., Д.Солаков, П.Димитров, А.Стоянов, 1988. О явлениях апвеллинг в западной части Черного моря. Бълг.геофиз. списание БАН, т. XIV, 109 – 115.
- [3] Мамаев,О. И.,1986. Глубинные воды Черного моря. Природа 73 – 78.
- [4] Маринова, В., Т.Траянов, В.Михнева. 2004., Изследване на звукоотсейващите слоеве пред българския черноморски бряг през август 2003. Известия на Съюза на учените Варна, Том 2/ 2003, 1/ 2004, 97 – 101.
- [5] Marinova, V.,T.Trayanov, V.Mihneva. 2004., Acoustic and video studi of diurnal vertical migration of zooplankton in central part of the Bulgarian Black Sea shelf. Comptes rendus de l’Academie Bulgare des Sciences. Tom 57, № 4, 55 – 59.
- [6] Пейчев, В., Д.Димитров., 2012. Океанология. Изд. „Онгъл” Варна,
- [7] Пецов,Г., 1954. Курс по хидрометеорология, Том II, Океанография. ДВИ София, 204 - 208.
- [8] Рождественский, А. ,1986. Хидрохимия на българския секторна Черно море. Изд. на БАН София,
- [9] Стоянов,А., Л.Михова, Т.Траянов, В.Дякону, А.Кочиашу. 1995. Хидрохимични и хидрофизични характеристики на екологичното състояние на българската и румънска шелфова зона през май 1990. Известия на Института за рибни ресурси

Варна, Том 23, 148 – 157.

- [10] Суховей, В.Ф. 1986. Моря мирового океана (1.8 Черное море). Гидрометеиздат . Ленинград. 94 – 101.
- [11] Траянов, Т. 1999. Регистрация на пулсации в издигане на сероводородната зона в Черно море. Известия на Съюза на учените Варна. Том 2/ 1998 , 1/ 1999. 31 – 35.
- [12] Траянов, Т. 2008. Особенности на хидрологичните характеристики на водното тяло на северозападното българско черноморско крайбрежие. Морски научен форум. Том 1, 118 – 123.

За контакти:

Институт по океанология – БАН, Варна
Доц.д-р инж. Траян Траянов
Е-майл: ttrayanov@mail.bg