

**ВЕРТИКАЛНА СТРУКТУРА НА КЛИМАТИЧНИТЕ СЕЗОННИ ПОЛЕТА НА
ТЕМПЕРАТУРАТА И СОЛЕНОСТТА НА МОРСКАТА ВОДА ПРЕД БЪЛГАРСКИЯ
БРЯГ НА ЧЕРНО МОРЕ**

Димитър Трухчев, Радостин Найденов

**VERTICAL STRUCTURE OF SEASONAL CLIMATIC FIELDS OF THE SEA WATER
TEMPERATURE AND SALINITY IN FRONT OF THE BULGARIAN BLACK SEA COAST**

Dimitar Trukhchev, Radostin Naydenov

***Abstract:** Refined results from climatic seasonal averaging of data from multi-years in-situ measurements of fields of the water temperature T and salinity S are presented. The historical data set used consists of more than 21000 hydrological stations and is built on the base of information from SeaDataNet infrastructure. The vertical hydrological structure of the coastal, open shelf, continental slope, and deep-sea water in front of the Bulgarian coast stretching 32°E is described. As distinct from both the most complete of the present-day hydrological arrays prepared by V. Tuzhilkin and V. Belokopitov on a regular horizontally mesh for the entire Black sea basin, in this study the water area is divided into several regions according to their hydrodynamical and oceanographical characteristics. The layer's centers between next horizons: 0, 10, 20, 30, 50, 80, 120, 180, 250, 350, 500, 800, 1000, 1250, 1500, 2250 m are used describing the vertical peculiarities of T and S from the seasurface to the bottom. Principal features of the seasonal climatic variability of the thermohaline fields in the study water area are shown. The results obtained give possibility for assessments in wide range of fields relevant to external effects both from natural and anthropogenic character upon the marine environment.*

***Keywords:** temperature, salinity, climatic thermohaline structure, Western part of the Black Sea*

1. Въведение

Черно море е полузатворен басейн с твърде ограничен водообмен със Световния океан, осъществяван през Босфора и Керченския пролив, и силно въздействие на реките от северозападната част. Оттук произтичат редица отличия от съседните морета в структурата на двете основни хидрологични полета – температурата T и солеността S , поради специфичната хидрология със силно развита вертикална стратификация Черно море е най-големият аноксичен басейн. Най-систематично и продължително хидрологични изследвания в рамките на целия басейн са провеждани в Русия, като по-активно постъпване на данни от корабни наблюдения започва от 50-те години на миналия век, а с това – и развитието на представите за T , S -структурата на водата на Черно море. Като резултат от натрупването на по-солиден масив от данни са и първите пространствени усреднявания на архивни наблюдения – появяват се месечните полета на повърхностната температура на водата, публикувани в хидрометеорологичния атлас [11], които са в добро съответствие със съвременните разбирания, а малко по-късно след анализа на около 10 000 станции – и монографията [12]. Излизането на атласа на Световния океан [14] дава нов тласък за обективен анализ на натрупаните данни и показва необходимостта от прилагането на експертни решения при възникващите при подобен процес проблеми. Съвременните климатични усреднявания датират от 80-те години на миналия век, всички те почиват на различни редакции на обединения масив от данните натрупани в Морския хидрофизичен институт в Севастопол и Катедрата по океанология към Географския факултет на Московския държавен университет „М. Ломоносов“, обикновено са с ограничен достъп и като правило са на по-едри пространствени мащаби. Разработени са основно от учени от Русия и Украйна; Турция и Румъния проявяват повече интерес към мезомащабната изменчивост на хидрологичната структура на прилежащите им води, режимната информация за особеностите в близост до брега, за района на Босфора и делтата на Дунав е труднодостъпна. Представа за развитието през годините на изследванията на климатичните хидрологични полета, получени по данни от непосредствени измервания, дават работите [1 – 7, 13]. Обща тенденция е непрекъснатото увеличаване на броя на обработваните

данни и подобряване на пространственото разделение на представяните резултати. Чрез използването на различни техники: обективен анализ [3], сплайн-интерполация [4], хидродинамична адаптация [15], усреднените данни се пренасят върху равномерна мрежа, покриваща цялото море. На макро- и мезомасшаби за целия басейн са показани основните белези на хоризонталната и вертикалната структура на T и S по целия воден стълб и на тяхната вътрешногодишна и междугодишна еволюция. Пространствените мащаби обаче все още са недостатъчни за по-детайлни оценки в западната част на морето, а в самите изходни масиви отсъстват надеждни резултати от измервания в крайбрежните и териториалните води от българския сектор на Черно море.

У нас режимните характеристики на посочените две физични полета за акваторията пред българския бряг досега не са били обобщавани независимо от наличието на няколко специализирани морски изследователски институции. Епизодични разработки касаят измененията на температурата и солеността на повърхностните води в непосредствена близост до брега за относително къс период от време (1975–1979 г.) [8] и особеностите на междугодишната изменчивост на крайбрежната температура при Шабла, Варна и Бургас между 2000 г. и 2015 г. [9]. А. Рождественски показва в своята монография [10] усреднени резултати за вертикалната структура на полето на солеността и основните особености на нейните пространствени, сезонни и междугодишни изменения – база за обобщението са дълговременните му измервания на солеността и хлорността по едни и същи зонални разрези в различни райони на западната част и в отделни заливни и езерни акватории. Това досега е единствения официален източник на режимни данни за S , специално подготвени за този регион. Сред причините за отсъствието на научен интерес към систематизирането и публикуването на данни за климатичната структура на T и S вероятно са ориентираността на океаноложките изследвания у нас основно към биотата и крайбрежните вълнови, литодинамични и инженерни приложения, както и че за дълъг период от време информацията от този род има специален ограничителен статут.

В условията на разколебаване на климатичната система на планетата и неустойчивото ѝ съвременно състояние оценките за отделните ѝ компоненти са особено актуални. Изготвянето на средни многогодишни разпределения е основата за по-нататъшни прогнози за тенденцията на техните изменения. Целта на настоящото изследване е да се съберат достъпните данни от директно измерване, да се анализират и се изготви средномногогодишна хидрологична характеристика на шелфовата и откритоморската дълбоководна част на Черно море пред българския бряг. Работата е продължение на проекта започнал преди няколко години в Института по океанология при БАН [16] и прекъснат поради незаинтересованост на институцията. По-долу са представени основни резултати от сезонното многогодишно усредняване на данните за T и S по подобрена и по-детайлна методика.

2. Същност на изследването

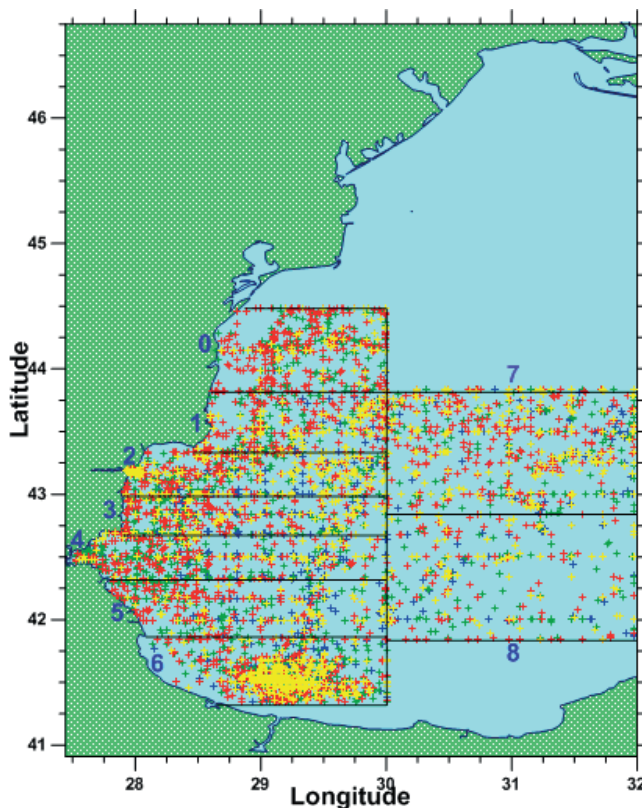
2.1. Район на изследване

Изучаваната акватория от западната част на Черно море пред българския бряг е разделена на 9 района (Фиг. 1) в зависимост от особеностите на техните хидродинамични характеристики. За онези райони, които граничат със сушата се предполага допълнително разделение по подрайони: *шелфов* (с дълбочини до 100 m), *континентален склон* (от 100 до 1000 m) и *дълбоководен* (абисален) – под 1000 m. От своя страна шелфовите акватории се разделят на *крайбрежни* (с дълбочини до 30 m) и *откритоморски* (с дълбочини между 30 и 100 m). Районите с номера от 1 от до 5 включително са основни – те са разположени непосредствено пред българския бряг; тези с номера 0 и 6 обхващат акваториите на север и юг от граничните паралели на Р. България, а с номера 7 и 8 – дълбоководието на изток от основните райони, тези четири района дават представа за хидрологичния фон на останалите. Зоналните граници на отделните райони се определят от север на юг от паралелите, както

следва: 44°30' с.ш., 43°50' с.ш., 43°20' с.ш., 43°00', 42°42' с.ш., 42°20' с.ш., 41°53' с.ш. и 41°20' с.ш. На запад районите с номера от 0 до 6 граничат с бреговата ивица, а на изток – с меридиан 30°E; фоновите райони 7 и 8 се простират съответно между 30°E и 32°E, 43°50' с.ш., 42°51' с.ш. и 41°53' с.ш. (Фиг. 1).

Определянето на границите на различните райони не е произволно – освен геометрията на бреговата линия, орографията и топографията на морското дъно, взети са предвид основни особености на динамиката на морските течения, както и на количеството на наличната входна хидрологична информация. Определящ динамичен фактор е наличието на Основното черноморско течение (ОЧТ), което обхваща в единен циклонален кръг целия басейн, със силно изразена баротропна и бароклинна неустойчивост и процеси на генериране на вихри [13]. Районът източно от н. Калиакра се характеризира с най-интензивните движения в цялото море, породени от конвергенцията на двата потока – на ОЧТ и на стоковото течение, причинено от речния приток в северозападната част на басейна. Сред важните особености на динамиката пред българския бряг трябва да се посочи струята на ОЧТ, която следва изобатите в края на шелфа и над континенталния склон, както и двата района на зараждане и проявление на квазистационарни антициклонални вихри – съответно южно от н. Калиакра и източно от Бургаския залив.

За описване на вертикалните особености на T и S от повърхността до дъното на морето са избрани следните 16 хоризонта: 0, 10, 20, 30, 50, 80, 120, 180, 250, 350, 500, 800, 1000, 1250, 1500, 2250 m. В центъра на всеки един от получените слоеве (определен от средните координати и средния хоризонт на всички измервания) са изведени средносезонни хидрологични характеристики.



Фиг. 1. Разпределение на станциите по райони и сезони: зима (сини), пролет (зелени), лято (червени) и есен (жълти). С цифри са указани номерата на различните райони

2.1.1. Използвани данни

На настоящия начален етап от изследването основният източник на входна информация е европейската инфраструктура „Pan-European Infrastructure For Ocean & Marine Data Management“ (SeaDataNet), а поставената цел е данните да се усреднят по сезони. В последствие се предвижда полученият масив да бъде разширен и допълнен с данни от други източници, а усредняването да бъде по месеци. Показаните по-долу резултати са получени благодарение на информацията, предоставена чрез SeaDataNet от различни институти, които са изброени в края. Началният масив включва резултатите от експерименталните измервания на T и S от повече от 21 000 хидрологични станции. Данните покриват периода между 1882 и 2012 г. и са силно нерегулярни по пространството и времето: например до 1900 г. има общо 9 станции, 2 – от 1900 до 1910; 25 – от 1910 до 1920; 2 – от 1920 до 1930; 105 – от 1930 до 1940; между 1940 и 1950 г. данни отсъстват. Основният период на наблюдения е след 1980 г. За разпределението на всички измервания по райони и по сезони може да се съди по Фиг. 1.

2.3 Методика на изследването

За всяка от избраните девет области е проведен качествен контрол на данните, състоящ се от логически, визуални и експертни оценки. Предварителната обработка включва проверка за: а) местоположението на станцията; б) дълбочината на станцията; в) дълбочината на хоризонтите и дълбочината на станцията, при отсъстващи данни дълбочината се определя по карта; г) наличието на дублирани станции; д) наличието на дублирани хоризонти в рамките на една и съща станция; е) присъствието на нереални инверсии на плътността; ж) присъствието на груби грешки на измервателните прибори; з) наличието на съществени отклонения от съществуващите оценки за целия басейн.

Същинската обработка преминава през следните основни етапи, при които се осъществяват различни процедури за обективен контрол и отхвърляне на ненужните и съмнителните значения, извършват се исканите усреднявания и се определят основни статистически, градиентни и океанографски характеристики:

- разпределяне на събраните данни по райони, подрайони и сезони – зимният сезон включва месеците януари – март, пролетният – април – юни и т.н.;
- в рамките на всяка една океанографска станция разделяне и усредняване на първичните данни за всеки от посочените в т. 2.1 хидрологични слоеве;
- усредняване на наличните данни за избраните слоеве по сезони за всеки един район и за отделните подрайони;
- определяне по райони и по сезони на 95-процентов доверителен интервал за всеки слой от повърхността на морето до дъното и отстраняване от общата извадка на данните, извън съответния доверителен интервал;
- извеждане на максималните и минималните за целия период на наблюдения измерени стойности за всеки слой, всеки сезон и всеки сезон;
- проверка за изпълнението на условието за устойчивост $\frac{\partial \rho}{\partial z} \geq 0$ и прилагане на филтрация на T и S с пълзящо средно в случаите, когато то не се изпълнява;
- построяване на сезонни климатични профили на T , S и плътността ρ на морската вода за всеки един район и подрайон, за всеки един от избраните слоеве от повърхността на морето до дъното. Изчисляване на средните координати по пространството (географска дължина, широчина и хоризонт) и времето (ден, месец и година) на всеки един от възлите със средни стойности на T и S , определяне на вертикалните градиенти на T и S .

На различните етапи от анализа на данните се построяват графики на вертикалните профили на T и S и се прилага визуален контрол върху обработваната информация. Данните от денонощни станции предварително се осредняват за точката на съответните наблюдения. По същия начин се постъпва, ако в рамките на един и същи месец на една и съща година има по няколко измервания в една и съща точка. В резултат на приложените процедури за контрол от първоначалния набор отпадат около 20 % от данните.

Отделно са проанализирани специфичните слоеве и образувания за Черно море: горен квазиеднороден слой, термоклин, студен междинен слой, постоянен халоклин и пикноклин. Получените характеристики се представят в графичен и табличен вид.

3. Океанографски резултати

Главната цел на настоящата работа е да бъдат изведени основните черти на вертикалната структура на хидрологичните полета пред българския бряг (Фиг. 2). Сезонната еволюция на термохалинните полета е по-подробно развита и графично илюстрирана на примера на централната част от изследваната акватория и по-конкретно за районите Седми (Фиг. 3) и Втори (Фиг. 4). Отличията в пространствените разпределения ще бъдат обект на отделно обобщение.

3.1. Водни маси

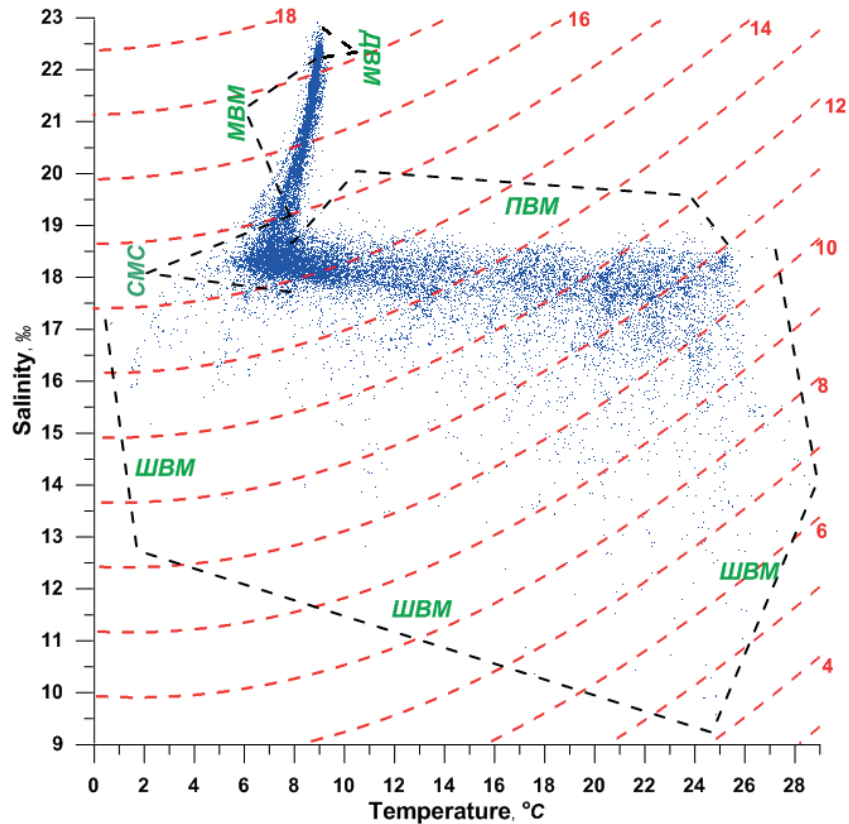
На Фиг. 2 са нанесени всички резултати от измерванията в деветте изучавани райони след пресяване и отстраняване на данните, които не отговарят на критериите за качествения контрол; с червен пунктир са показани изопикничните линии на условната плътност на водата σ_t . На построената T, S -диаграма присъстват основните характерни за Черно море водни маси, с изключение на мраморноморската и азовската поради отдалечеността на двата пролива. На графиката с черен пунктир условно са маркирани интервалите на *шелфовата (крайбрежна) водна маса* (ШВМ), *повърхностната* (ПВМ) водна маса, *студения междинен слой* (СМС), *междинната* (МВМ) и *дълбочинната* (ДВМ) водни маси.

Измерванията в ШВМ имат най-голяма амплитуда на годишните изменения, което е естествено поради по-голямата динамика на процесите в плитководието и по-бързата реакция на атмосферните въздействия. На графиката измерванията от ШВМ в долната част на облака от точки очевидно попадат под въздействието на речния приток от р. Дунав. В зоната на ПВМ солеността нараства до около 19 ‰, а температурата е по-голяма от 8 °C. СМС – слой на минималните подповърхностни температури, е следствие от зимната конвекция в района на шелфа, северозападния склон и в центровете на циклоналните вихрови образувания в централните области на басейна, както и на адвекцията от районите на генезис. Както стандартно се приема, границите на СМС са ограничени от изотерма 8 °C. В МВМ T нараства постепенно до 8.9 – 9 °C, а S се повишава до ~22.2 – 22.3 ‰; на дълбочина ~2000 m ПВМ се характеризира със средна температура в различните райони 9.08 – 9.09 °C и соленост 22.31 – 22.34 ‰.

3.2. Вертикална структура

Описаните по-горе водни маси дават обща представа за вертикалната термохалинна структура на морската вода. Други допълнителни подробности са видни на Фиг. 3, на която е представена средногодишната еволюция на температурата и солеността в горния 275-метров воден стълб на дълбоководието от Район 7. Както следва от графиките, това е слой, в който протичат основните сезонни промени на двете характеристики.

На профилите присъстват основните хидрологични образувания, характерни за басейна на Черно море. За температурата в горния активен слой на морето, който има дебелина около 130 – 140 m, това са:



Фиг. 2. Климатична T, S-диаграма на водата в западната част на Черно море.

С червен пунктир са показани кривите на условната плътност σ_t .

Водни маси: ШВМ – шелфова, ПВМ – повърхностна, СМС – студен междинен слой, МВМ – междинна, ДВМ – дълбочинна

- *горен квазиеднороден слой*, който е с минимална височина няколко метра (по-малка от 10 m) през пролетта, докато през зимата благодарение на конвекцията и активното вертикално смесване хомогенизацията обхваща горните 55 m. Разликата между средната температура на този хоризонт и тази на морската повърхност е ~ 0.6 °C;
- *сезонен термоклин*, който се характеризира се с наличието на съществени вертикални отличия за средната температура (до 14–15 °C) между морската повърхност и долната граница на термоклина. През лятото в различните зони между брега и централната част на морето се разпростира на дълбочини около и под 30 m, в дълбоководието долната му граница се разполага на хоризонт 48 – 50 m. В сезонния термоклин през лятото се отбелязва максималния вертикален градиент на T – средно около -0.6 °C/m в горната част на слоя на дълбочина между 20 – 21 m, над склона и над абисала тези стойности достигат до -0.7 – -0.71 °C/m в слоя 21 – 32 m;
- *студен междинен слой* на дълбочини между 30 и 120 m, в който се намира абсолютният минимум на температурата за целия слой под повърхността на морето до дъното. Дълбочината на този екстремум се свързва с оста на самия слой, под която температурата започва да се повишава. Това нарастване всъщност дефинира втори, *постоянен* (по аналогия със Световния океан) *термоклин*, в който $grad T >$

0 и който няма сезонна изменчивост. Разполага се на дълбочина между 85 и 105 m, а средният градиент е $+0.1 - +0.15$ °C/m. На подобни дълбочини е очевидно, че директно влияние върху постоянния термоклин оказва преди всичко динамиката на морските течения и особено – характера на вертикалните движения. Степента на понижение на температурата заедно с дебелината на слоя характеризират интензивността на процесите в СМС и степента на неговото развитие, а наличието на високо-градиентните повърхности отгоре (сезонния термоклин) и отдолу (постоянния халоклин) дефинират относителна консервативност на неговите хидрофизични и хидрохимични характеристики. Постоянното присъствие в откритите води на СМС през климатичните сезони очевидно е една от основните хидрологични особености на Черно море;

- *дълбочинен слой*, разположен под СМС. В него T нараства плавно до самото дъно където достига средна стойност ~ 9.09 °C. Характерна особеност на вертикалното разпределение слоя е наличието на *квази изотермичен стационарен подслой*, разположен между хоризонти 500 и 800 m, в който T е около ~ 8.90 °C, а относителните ѝ изменения са до $0.02 - 0.03$ °C.

На повърхността на морето средносезонната соленост варира между 13.79 ‰ (в крайбрежния район на Район 0) до 18.27 ‰, а в дълбочина нараства до самото дъно. Вертикалната халинна структура включва (Фиг. 3):

- *повърхностен* или *сезонен* (по аналогия с температурата) *халоклин*, появяващ се в повърхностния слой и достигащ при максимално развитие на дълбочини до около 20 – 30 m. По-добре изразен е през пролетта и лятото, когато се засилва въздействието на речния приток – през лятото средният градиент на S надхвърля на $0.02 - 0.03$ ‰/m, на север в плитководието и на шелфа на Район 1 може да достигне и $0.06 - 0.07$ ‰/m. През есента градиентът на солеността отслабва;
- *постоянен халоклин (пикноклин)*, разположен под хоризонт 50 m и достигащ на дълбочина докъм 120 – 130 m, максимумът на средния градиент се наблюдава в по-горната част на слоя – на дълбочини до 70 – 80 m: през лятото например стойността му във водния стълб между 52 и 85 m достига $0.033 - 0.034$ ‰/m над абисала в Район 2 и в Район 7. Това е слой с високи вертикални градиенти на солеността и плътността, разположен в контактната зона между горната (черноморска) и дълбочинната (мраморноморска) водни маси. Градиентите на плътността способстват за блокиране на процесите на вертикално смесване между тези два типа водни маси и поддържат устойчивостта на слоевете с O_2 и H_2S ;
- *дълбочинен слой* от ~ 200 m до дъното с относително еднородни пространствени характеристики, в който сезонните изменения много бързо затихват, а кривите на S са с незначителни вариации. Под 1000 m S се променя значително по-слабо и средните значения варират около ~ 22.3 ‰.

В слоя на постоянния халоклин и под него, като резултат от общия циклонален характер на движенията в Черно море, през всички сезони и солеността, и температурата над склона са по-ниски от тези на същата дълбочина над абисала.

На този етап от изследването не е провеждан по-детайлен анализ за поведението на T и S в дълбоководието и по-специално за наличието на придънен граничен слой. Освен необходимостта да се определи потенциалната температура, подобно проучване трябва да почива само върху данните от STD-сондирания предвид по-голямата точност на самите измервания. Такова разделяне на данните до момента не е извършено, но трябва да се има предвид и съществуването на определена тенденция през последните години да намалява броят на експерименталните измервания на големи дълбочини, обхващащи целия воден стълб.

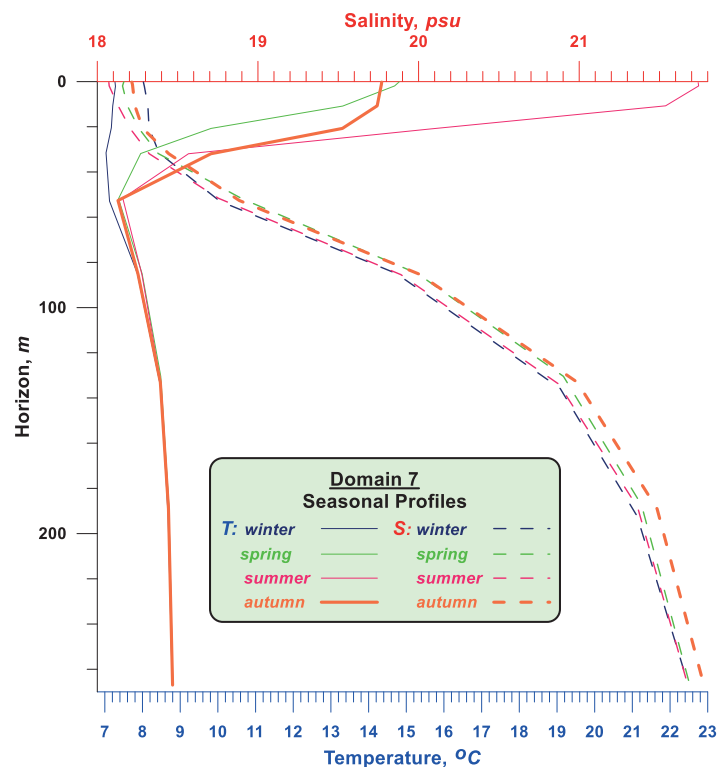
3.3. Сезонна изменчивост

Най-общите черти на сезонната изменчивост на хидрологичните полета е проследена с помощта на Хофмюлерови диаграми (фиг. 4). Еволюцията на температурата и солеността през климатичната година е показана на примера на акваторията над континенталния склон на Район 2.

През зимата интензивното конвективно смесване, предизвикано от отрицателния топлинен баланс между морето и атмосферата и подържано от активно ветрово въздействие, въвлеча в дълбочина повърхностните води, (които, както е посочено по-горе, са с максимална за годишния цикъл соленост). В резултат горната граница на СМС е на самата морска повърхност, а слойт до около 60 m е хомогенен по отношение и на T (6.9 – 7.0 °C), и на S (18.0 – 18.2 ‰).

Не се забелязват белези от директно въздействие на речния вток от северозападната част на басейна – последният е активно включен в процесите на вертикален обмен на шелфа и не достига до склона и централните дълбоководни райони. Следователно студените и опреснени води се разпространяват до периферията на ОЧТ и адвекцията им е по посока успоредна на брега.

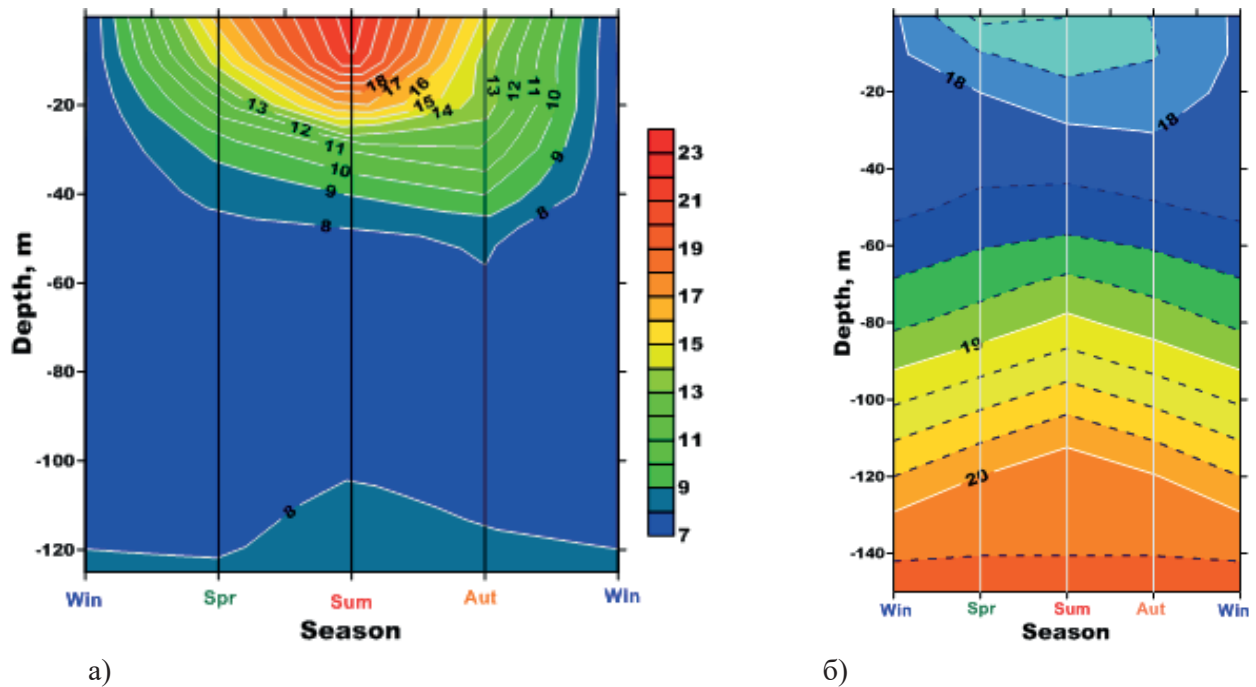
Измененията на T в дълбочина се запазват относително слаби и долната граница на СМС е на хоризонт 120 m. Горната граница на постоянния халоклин е разположена на 55 m, а височината на самия слой е около 75 m. В сравнение с пролетта изохалините са на по-голяма дълбочина поради интензивния характер на зимното ОЧТ и характерните за периферията му низходящи вертикални движения. По този признак може да се посочи, че започналото отслабване на скоростта на основния поток продължава и през лятото, а от есента настъпва обратния процес.



Фиг. 3. Еволюция на климатичните сезонни профили на T °C (плътни линии) и солеността S , ‰ (пунктир) в горния 275-метров слой на Район 7.
Сезони: зима (синьо), пролет (зелено), лято (червено), есен (кафяво)

През пролетта с усилване на затоплянето на повърхностния слой започва да се образува термоклинът. Този процес е придружен и от засилване на речения приток от северозападната част на морето – появява се сезонният халоклин и в резултат повърхностният 20-метров слой се заема от относително по-леки води. Обратно, на дълбочина под 50 m и до долната граница на пикноклина от вътрешността на морето постъпват по-солени води.

През лятото процесът на затопляне на горния слой продължава – долната граница на термоклина е под 30 m, нараства и височината на опреснения повърхностен слой. С относителното (спрямо пролетта) повдигане на изохалините към повърхността на морето се премества и горната граница на халоклина, а следователно – и долната граница на СМС, затова височината по последния е минимална за климатическата година.



Фиг. 4. Вътрешногодишен ход на температурата [°C] (а) и солеността [‰] (б) съответно в горния 125 и 150-метров слой над континенталния склон на Район 2

През есента се наблюдава процес на постепенно размиване на градиентите в областта на сезонния термоклин и на сезонния халоклин, хомогенността на горния слой нараства, а топлинната вълна прониква на максимална дълбочина (~55 m). В сезонния халоклин максимумът на вертикалния градиент на солеността достига до дълбочина около 30 m, максимумът на вертикалния градиент в постоянния халоклин се разполага на 50 m.

Обобщено за годишния еволюция на горния активен слой на морето са налице следните закономерности:

а) над пикноклина сезонният ход на T е в противофаза с този на S . Минималната и максималната температура естествено са съответно през зимата и лятото, а на солеността – през лятото и зимата;

б) в самия халоклин обаче сезонните изменения на температурата и солеността имат еднакъв характер;

в) фигура 4б нагледно демонстрира устойчивостта на слоя на пикноклина – сезонните изменения обхващат само положението на горната и долната му граница, докато градиентите му практически не се променят.

4. Заключение

Качественият анализ на получените по описаната методика климатични разпределения показва, че са възпроизведени всички характерни за басейна на Черно море компоненти на вертикалната термохалинна структура на морската вода. В разглежданите райони от западната част на Черно море са налице значителни вертикални градиенти на температурата и солеността, които са разположени в два важни в хидрологично отношение слоя – на сезонния термоклин и на постоянния халоклин. Като резултат от съществуването на халоклина е разделението на водния стълб по вертикала на две основни несиметрични структури – на относително тънкия повърхностен слой от опреснени води и на другия, дебел слой с повишена соленост. Следователно през цялата година солеността играе лидираща роля при формирането на характерната плътностна стратификация. Изключение прави топлият сезон, когато в слоя на дълбочина до 50 m от морската повърхност нараства ролята на температурата заради оформянето на сезонния термоклин. СМС се разполага непосредствено над постоянния халоклин и присъства постоянно и през четирите сезона, под него температурата плавно нараства до самото дъно. В хода на анализа са проявени и дефинирани три хидрологични слоя: сезонен халоклин, постоянен термоклин и квази изотермичен стационарен слой на солеността, които вероятно в явен вид се споменават за първи път в българската океанографска литература.

За всеки сезон поотделно са изведени количествени оценки за разпределенията в отделните слоеве и в отделните подобласти. За всички изследвани акватории е налице добре изразен сезонен ход. В повърхностния слой стойностите на средната S нарастват от плитководието към откритоморската част на морето; максималната соленост е през зимния сезон. В крайбрежната и шелфовата акватория на централните и северните райони през пролетта (когато средната соленост е минимална) и лятото (когато дебелината на горния опреснен слой е максимална) стойностите на S в повърхностния слой са по-ниски, отколкото в другите два сезона, поради влиянието на речния приток в северозападната част на басейна. Качествено и количествено профилите на S от есента и зимата в горния активен слой на морето са по-близки помежду си в сравнение с тези от другите два сезона.

Благодарност към следните институти и организации от системата на SeaDataNet, осигурили информационната база за представеното изследване: Ukrainian scientific center of Ecology of Sea, Southern Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (Ukraine), Royal Netherlands Meteorological Institute (Netherlands), P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS (Russian Federation), National Institute of Meteorology and Hydrology, BAS (Bulgaria), National Institute for Marine Research and Development "GrigoreAntipa" (Romania), Marine Hydrophysical Institute (Russia), Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University (Turkey), Institute of Fishery Resources (Bulgaria), Institute of Biology of the Southern Seas (Russia), IFREMER/IDM/SISMER (France), Bulgarian National Oceanographic Data Centre, All-Russia Research Institute of Hydro-meteorological Information (Russia), World Data Centre and National Oceanographic Data Centre (Russian Federation), The Institute of Biodiversity and Ecosystem Research (Bulgaria).

Литература

1. Альтман Э.Н., (ред.), 1987. Статистические характеристики термохалинной структуры вод Черного моря. – Севастополь, СО ГОИН. 302 с.
2. Альтман Э.Н., Гертман И.Ф., Голубева З.А., 1987. Климатические поля солёности и температуры воды Черного моря. – Севастополь, СО ГОИН. 110 с.
3. Белокопытов В.Н., 2003. Сезонная изменчивость термохалинной и гидролого-акустической структуры вод Черного моря. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. МГИ НАН Украины, Севастополь, 8, 15–26.
4. Блатов А.С. Булгаков Н.П., Иванов В.А., Косарев А.Н., Тужилкин В.С., 1984. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. – Л., Гидрометеиздат. 240 с.
5. Иванов В.А., Белокопытов В.Н., 2011. Океанография Черного моря. – НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», Севастополь. 212 с.
6. Симонов А.И., Альтмана Э.Н. (ред.), 1991. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, т. IV, Чёрное море, Вып. 1, Гидрометеорологические условия. – Гидрометеиздат, Л., 430 с.
7. Косарев А.Н., Тужилкин В.С., Даниялова З.Х., Архипкин В.С., 2004. Гидрология и экология Черного и Каспийского морей. В: География, общество, окружающая среда. Т. 6. Динамика и взаимодействие атмосферы и гидросферы. – М., Изд. дом “Городец”, 218-264.
8. Лизима-Ривас Б., 1981. Температура и солёность на повърхностната вода по българското черноморско крайбрежие през периода 1975 – 1979 г. – Хидрология и метеорология, 5, БАН, 45-51.
9. Рачев Н., Крайчев П., 1917. Изследване измененията на температурата на морската вода в повърхностния слой край западния бряг на Черно море за периода 2000 – 2015 г. – Annual of Sofia University „St. Kl. Ohridski”, Faculty of Physics, vol. 110, 1-18.
10. Рождественски А. В., 1986. Хидрохимия на българския сектор на Черно море. – БАН, С., 189 с.
11. Самойленко В.С., (ред.), 1956. Климатический и гидрологический атлас Черного и Азовского морей. – Гидрометеиздат, М., 103 с.
12. Филиппов Д.М., 1968. Циркуляция и структура вод Черного моря. – Наука, М., 136 с.
13. Kostianoy A., A. Kosarev (eds.), 2008. The Black Sea Environment, Vol. 5/Q. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 457 pp.
14. Levitus S., 1982. Climatological atlas of the World Ocean. – NOAA Prof. Paper N 13, Washington D.C.: U.S. Gov. Print. Office, 173 p.
15. Trukhchev D., Demin Yu., 1992. The Black Sea general circulation and climatic temperature and salinity fields. – Woods Hole Oceanog. Inst. Rept., WHOI-92-34, CRC-92-02. 132 pp.
16. Trukhchev D., Tomova, Z., 2014. Principal features of the seasonal climatic variability of the thermohaline fields in the Western part of The Black Sea in front of the cape Galata. In: Proceedings of XII International Conference on Marine Sciences and Technologies Black Sea’2014. – Varna, Bulgaria, 233-236.

За контакти:

Димитър Иванов Трухчев, проф., д.физ.н.,
Институт по металознание, съоръжения и
технологии с център по хидро- и аеродинамика
„Акад. Ангел Балевски“; 0887871851
trukhchev@yahoo.co.uk

Радостин Валентинов Найденов,
Институт по металознание, съоръжения и
технологии с център по хидро- и аеродинамика
„Акад. Ангел Балевски“