

УДК: 551.465

DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-49-58

С.И. Казаков<sup>1</sup>

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ  
ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВОД  
В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО КРЫМА**

**АННОТАЦИЯ**

Рассматриваются вопросы формирования и временной изменчивости вертикальной структуры вод Черного моря у берегов южного Крыма. Используется большой массив данных инструментальных измерений, полученный во второй половине (июнь–декабрь) 2013 г. при проведении оперативного мониторинга вертикального профиля температуры в районе стационарной океанографической платформы Морского гидрофизического института в прибрежной зоне у мыса Кикинеиз. Измерения были проведены с помощью термолинии, представляющей собой систему датчиков температуры, распределенных по глубине от поверхности до дна.

Для исследования вертикальной структуры поля температуры рассматривается двухслойная стратификация, когда два квазиоднородных слоя (верхний слой более теплый и нижний холодный), разделены слоем больших вертикальных градиентов температуры – термоклин. Проведены расчеты ряда параметров вертикальной структуры вод: вертикального градиента температуры, его максимальных значений и глубины залегания, температуры ядра термоклина (если он регистрировался) и квазиоднородных слоев, разности температур этих слоев, толщины термоклина. Проанализированы медианные оценки суточных значений перечисленных параметров. Рассмотрены конкретные случаи трансформации вертикального профиля температуры воды во время процессов апвеллинга и даунвеллинга.

Показано, что временная изменчивость параметров вертикальной структуры значительна, особенно в летний гидрологический сезон. Основной вклад в изменчивость вносят сезонный ход теплового потока из атмосферы через поверхность моря и процессы апвеллинга и даунвеллинга в летний период, вызванные резкими изменениями вдоль-береговой компоненты ветра. В осенний гидрологический сезон термоклин регистрируется эпизодически с небольшим градиентом в виде нижней границы подповерхностного слоя дневного прогрева, или тонкого придонного слоя.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** температура воды, термоклин, квазиоднородный слой, вертикальный градиент температуры, глубина залегания и толщина термоклина, Южный берег Крыма.

---

<sup>1</sup> Морской гидрофизический институт РАН, 299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2, e-mail: science@bshpg-ras.ru

Sergey I. Kazakov<sup>1</sup>

## STUDY OF TEMPORARY VARIABILITY OF VERTICAL STRUCTURE PARAMETERS OF WATER IN THE COASTAL ZONE OF SOUTHERN CRIMEA

### ABSTRACT

The issues of the formation and temporal variability of the vertical structure of the Black Sea waters off the coast of the southern Crimea are considered. A large array of instrumental measurement data obtained in the second half of 2013 (June–December) during operational monitoring of the vertical temperature profile in the area of Stationary oceanographic platform of the Marine Hydrophysical Institute in the coastal zone near Cape Kikineiz is used. The measurements were carried out using a thermoline, which is a system of temperature sensors distributed in depth from the surface to the bottom.

To study the vertical structure of the temperature field, a model of two-layer stratification is considered, when two quasi-homogeneous layers (the upper one is warmer and the lower one cold) are separated by a layer of large vertical temperature gradients – the thermocline. A number of parameters of the vertical structure of waters were calculated: the vertical temperature gradient, its maximum values and depth of occurrence, the temperature of the thermocline core (if it was recorded) and quasi-uniform layers, the temperature difference between these layers, and the thermocline thickness. The median estimates of the daily values of the listed parameters are analyzed. Specific cases of transformation of the vertical profile of water temperature during the upwelling and downwelling processes are considered.

It is shown that the temporal variability of the parameters of the vertical structure is significant, especially in the summer hydrological season. The main contribution to the variability is caused by the seasonal course of the heat flow from the atmosphere through the sea surface and surge processes (upwelling and downwelling) in the summer period caused by abrupt changes in the alongshore wind component. In the autumn hydrological season, the thermocline is recorded sporadically with a slight gradient in the form of the lower boundary of the subsurface layer of daytime heating, or a thin bottom layer.

**KEYWORDS:** water temperature, thermocline, quasi-uniform layer, vertical temperature gradient, depth and thickness of the thermocline, southern coast of Crimea.

### ВВЕДЕНИЕ

Вертикальные термохалинные структуры вод центральной части и прибрежных районов Черного моря значительно отличаются. Основной причиной, определяющей различие, является общая вертикальная циркуляция моря, при которой происходит подъем вод в центральной его части и опускание их в прибрежных районах, что находит свое отражение в куполообразном распределении изотермических поверхностей [Книпович, 1932].

Прибрежная зона у южных берегов Крыма характеризуется приглубыми берегами, испытывает влияние меандрирующего Основного черноморского потока и вихревых динамических образований, связанных с его неустойчивостью. Шельф в этом районе расположен вдали от устьев крупных рек и характеризуется пониженной вертикальной стратификацией вод. Все это создает условия для увеличения толщины слоя термоклина и уменьшения вертикального градиента плотности по сравнению с водами центральной

---

<sup>1</sup> Marine Hydrophysical Institute, 2, Kapitanskaya St., Sevastopol, Russian Federation, 299011,  
e-mail: science@bshpg-ras.ru

части моря с восходящими движениями [Белокопытов, 2019]. Различные параметры стратификации вод у южного Крыма исследованы во многих работах, например, [Гидрометеорологические..., 1986; Гидрометеорология..., 1991; Гидрометеорологические..., 2012; Горячкин и др., 1999, 2004, 2005; Иванов и др., 2011; Belokopytov, 2018].

Особенно следует отметить монографии [Блатов и др., 1984, 1992], где изложены результаты изучения вертикальной структуры вод Черного моря, в том числе и на шельфе южного Крыма. Среди факторов определяющих тепловой режим и вертикальную структуру вод у южного Крыма выделены такие как глубины, течения, положение района вдали от источников распреснения. Распределение температуры воды в верхних слоях имеет ярко выраженный внутригодовой ход. Процессы прогрева протекают быстрее, а слой скачка выражен резче, чем в открытом море [Блатов и др., 1992]. В зимний и летний периоды года основной вклад в формирование структуры поля температуры вносит теплообмен через поверхность моря. Термический фактор преобладает над соленостным до глубин порядка 30 м. Для весеннего и осеннего сезонов характерно формирование поля температуры под действием вертикальных движений в сезонном термоклине, ярким проявлением которых являются апвеллинги и даунвеллинги [Блатов и др., 1984; Сильвестрова и др., 2017]. Сильные и продолжительные ветры вдольберегового направления приводят к выходу на поверхность холодных глубинных вод (при апвеллингах) или повышению температуры воды в прибрежной зоне и увеличению толщины верхнего квазиоднородного слоя (при даунвеллингах).

Климатические среднемесячные поля глубин верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) в Эгейском, Мраморном, Черном и Азовском морях исследовались авторами в работе [Kara, et al., 2009]. Там же проведено сравнение результатов оценки глубин ВКС различными методами. Вопросы изменчивости ВКС на межгодовых и десятилетних масштабах рассмотрены в работе [Oguz, et al., 2006].

Несмотря на достаточно подробную изученность процессов формирования и трансформации вертикальной структуры вод на шельфе южного Крыма, привлечение и анализ новых оригинальных данных наблюдений позволяет уточнить детали данного процесса и проследить более подробно этапы временной трансформации параметров вертикальной структуры вод в указанном регионе. Понимание этих процессов крайне важно, поскольку район исследования находится в шельфовой зоне моря, где очень активно развивается хозяйственная деятельность, которая часто весьма неблагоприятно сказывается на рекреационных ресурсах побережья южного Крыма.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования временной изменчивости параметров вертикальной структуры вод у южного Крыма послужили данные натурных измерений вертикального профиля температуры воды с Океанографической платформы Морского гидрофизического института (МГИ) в прибрежной зоне у мыса Кикинеиз. Используются данные измерений за вторую половину 2013 г. Измерения проводились с помощью термолинии, которая разработана в МГИ. Термолиния представляет собой систему распределенных по глубине от поверхности датчиков температуры воды. Нижний конец ее закреплен на дне, верхний на палубе платформы. Глубина моря у платформы 30 м, расстояние от берега 700 м. Количество датчиков температуры термолинии может изменяться. Рассматриваемый массив данных получен на 17 датчиках. Верхние 11 датчиков, начиная от поверхности моря, расположены с интервалом 1 м до глубины 10 м, остальные с интервалом 2 м до глубины 22 м. Регистрация значений температуры производилась каждые 60 с, точность измерений составляла 0,05 °С. Диапазон измерений температуры воды – от минус 2 °С до 35 °С, длина погружаемой части – не более 28 м. Кроме того измерялась

величина атмосферного давления с точностью  $\pm 1$  гПа в интервале от 850 до 1055 гПа и гидростатическое давление на глубине нижнего конца термоклини с точностью  $\pm 20$  гПа в диапазоне от 1000 до 4000 гПа. Таким образом, измерения охватывают всю толщу воды от поверхности до дна.

Для исследования вертикальной структуры вод рассматривалась двухслойная стратификация, когда высокоградиентный слой, сезонный термоклин, разделяет два квазиоднородных слоя.

Глубина залегания ядра термоклина определялась по максимуму значения вертикального градиента температуры. Для каждого временного отсчета определялась величина вертикального градиента температуры в термоклине, температура ядра и толщина термоклина, разность температур верхней и нижней границ термоклина. На основании этих расчетов были получены медианные оценки суточных значений всех указанных параметров, начиная с 20-х чисел июня по декабрь включительно. Таким образом, полученные оценки характеризуют временную изменчивость вертикальной структуры вод у берегов южного Крыма в летний и осенний гидрологические сезоны (не считая последней декады июня) [Блатов и др., 1992]. Кроме того, рассмотрены конкретные случаи, когда стратификация вод резко и быстро менялась во время процессов апвеллинга и даунвеллинга.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки изменчивости температурных параметров сезонного термоклина представлены на рис. 1. Для каждого месяца отражена температура ядра термоклина – температура воды на глубине максимального вертикального градиента, а также температуры верхней и нижней границ термоклина, т.е. температуры верхнего и нижнего квазиоднородных слоев. Здесь же представлена и разность температур между этими слоями.

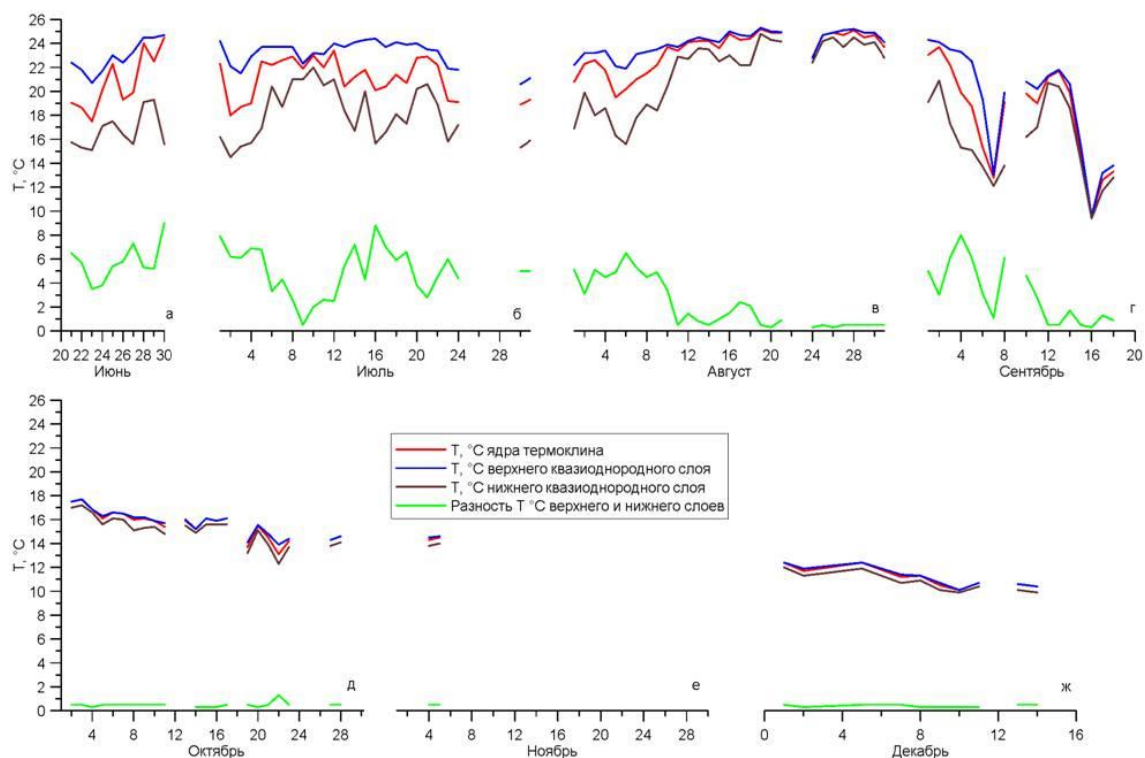


Рис. 1. Временная изменчивость температурных параметров термоклина

Fig. 1. Temporal variability of temperature parameters of the thermocline

В последней декаде июня (рис. 1, а) происходит прогрев моря, температура верхнего и нижнего квазиоднородных слоев увеличивается, температура ядра термоклина растет от 18 °С до 25 °С. Разность температур между квазиоднородными слоями колеблется от 3,5 °С до 9 °С, постепенно увеличиваясь, что говорит о более быстром прогреве верхнего слоя. Колебания температур в этот период обусловлены, прежде всего, процессами ветрового апвеллинга, например, 22-23 июня. Июль (рис. 1, б) характеризуется колебаниями температуры ядра термоклина в пределах 18 °С–23 °С, верхнего и нижнего слоев – от 22 °С до 24 °С и от 15 °С до 22 °С, соответственно. Разность температур колеблется от 1 °С до 9 °С. Для августа (рис. 1, в) характерен дальнейший рост температур, причем во второй половине августа быстрее растет температура нижнего квазиоднородного слоя, нежели верхнего. Соответственно, в этот период уменьшается разность температур между верхним и нижним слоями. В сентябре начинается процесс охлаждения вод, рис. 1, г. Отметим, что после 20-го сентября термоклин регистрировался лишь эпизодически в виде нижней границы подповерхностного слоя дневного прогрева с небольшим перепадом температур. Характерной особенностью осеннего гидрологического сезона является температурная однородность во всем диапазоне глубин. Формально в этом случае температуры обоих слоев и термоклина совпадают. Иногда термоклин фиксируется почти у дна с маленьким градиентом и небольшой разницей температур. Разрывы данных, которые имеют место в летний сезон, обусловлены техническими проблемами измерений, а в осенний и зимний сезоны – отсутствием термоклина.

На рис. 2 показана временная изменчивость глубин залегания ядра, верхней и нижней границ термоклина. Для июня (рис. 2, а) характерен рост всех трех величин параметров, что связано с увеличением потока тепла через поверхность моря и прогревом водной толщи.

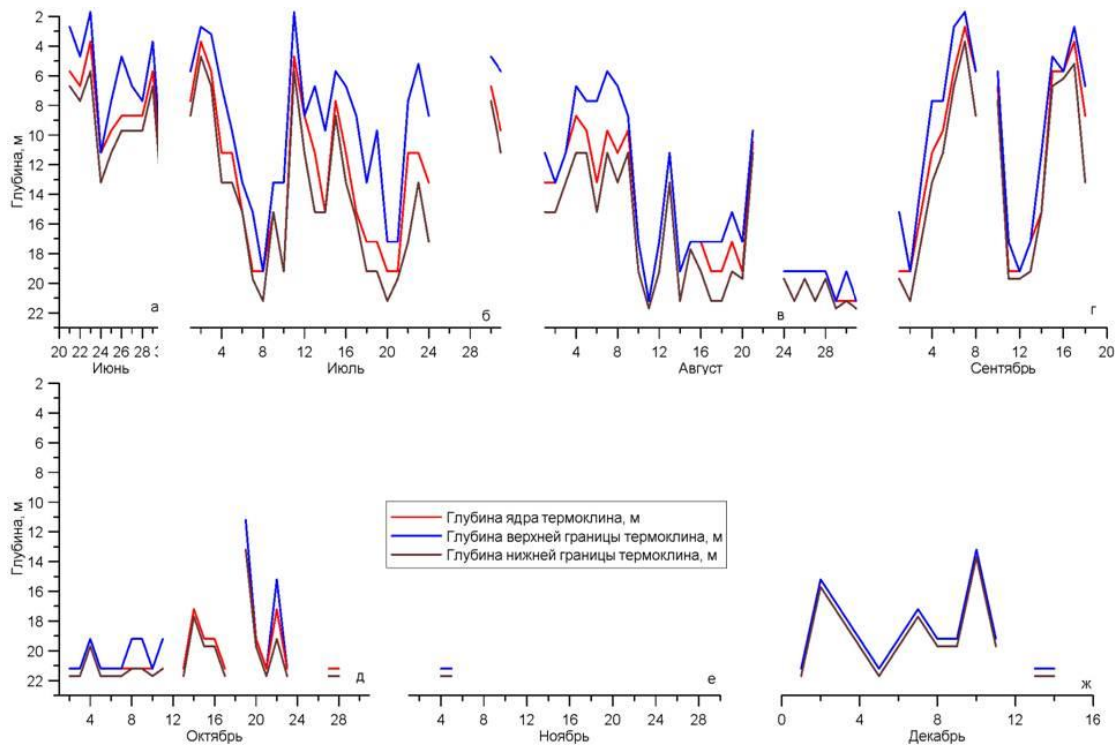


Рис. 2. Временная изменчивость глубин залегания ядра, верхней и нижней границ термоклина

Fig. 2. Temporal variability of the core depth, upper and lower boundaries of the thermocline



Такой же характер изменчивости наблюдается и в летний сезон (июль–сентябрь, рис. 2, б, в, г). В конце августа ВКС достигает максимальных глубин, порядка 19–20 м, а его температура – 24–25 °С. В летние месяцы глубина залегания термоклина (~15 м) и его градиент (~1–5 °С/м) (рис. 3) в прибрежной зоне определяются в основном процессами апвеллинга и даунвеллинга, в зависимости от вдольбереговых компонент скорости ветра и течения [Блатов и др., 1984; Сильвестрова и др., 2017]. Их величины за короткие промежутки времени могут меняться в широких пределах (возможны смещения термоклина на 15 м за несколько часов). Кроме того, были зарегистрированы явления развития полного апвеллинга, когда приток глубинных вод приводит к подъему термоклина и быстрому понижению поверхностной температуры (22–23 июня, 6–7 сентября и после 16 сентября). При апвеллинге термоклин поднимается вверх, температура его ядра падает, величина градиента и толщина термоклина уменьшаются. И, наоборот, при даунвеллинге (9 и 20 июля, 12–14 и 23–29 августа, 9, 13 и 15 сентября) термоклин опускается, вытесняя холодный нижний слой (рис. 2 б, в, г). В этом случае растет температура и глубина его ядра, толщина термоклина и градиент уменьшаются (рис. 1–4).

Величина максимального вертикального градиента температуры в течение всего периода исследования меняется в широких пределах. С конца июня по сентябрь включительно его величина меняется в пределах от 1 °С/м до 5 °С/м (рис. 3). Такие большие колебания обусловлены, прежде всего, явлениями апвеллинга/даунвеллинга. Максимальные градиенты температуры отмечаются во время развития апвеллинга и на стадии перехода к даунвеллингу.

С конца сентября величина максимального градиента падает до значений 0,8 °С/м – 2 °С/м. В основном градиент мал, что говорит о температурной однородности толщи воды на всех горизонтах в осенний гидрологический сезон.

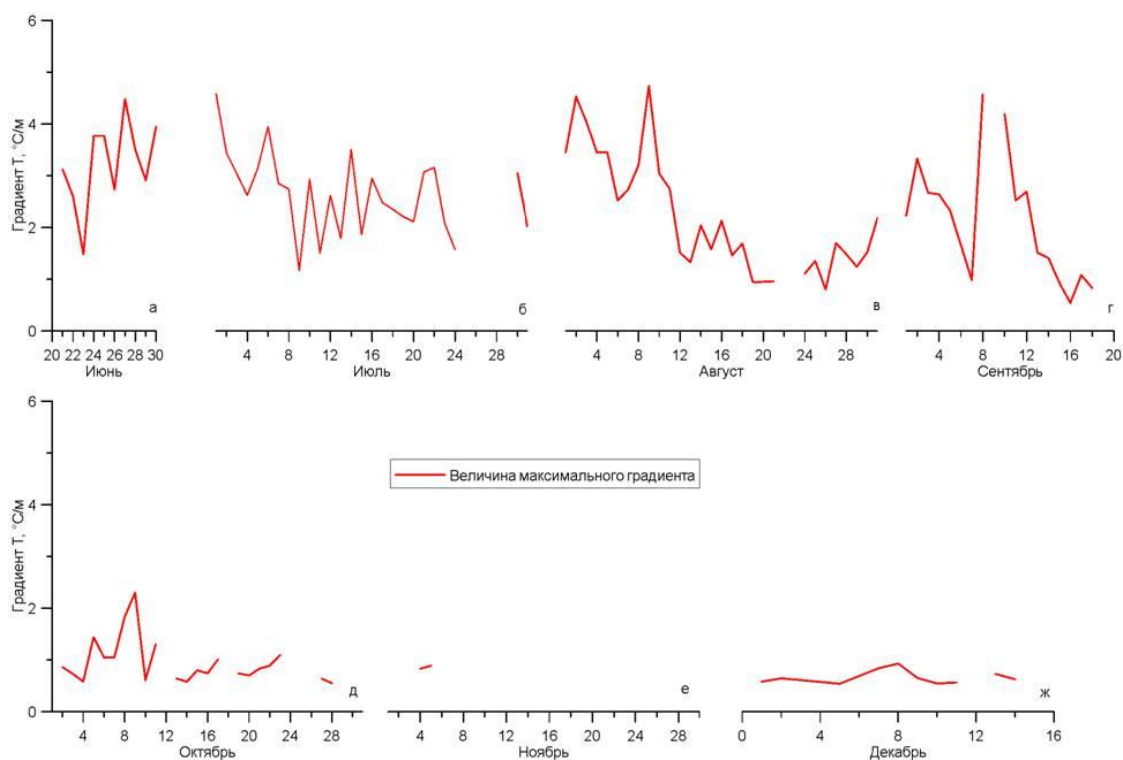


Рис. 3. Временная изменчивость величины максимального вертикального градиента температуры

Fig. 3. Time variability of the maximum vertical temperature gradient

В летний сезон временная изменчивость толщины термоклина, также в основном, определяется процессами, зависящими от вдольбереговых компонент скорости ветра и течений. В летний сезон она варьирует в пределах 1,0–8,5 м (рис. 4, а, б, в, г). В зимний сезон, термоклин в редких случаях фиксируется почти у дна, толщина его при этом минимальна (рис. 4, д, е, ж).

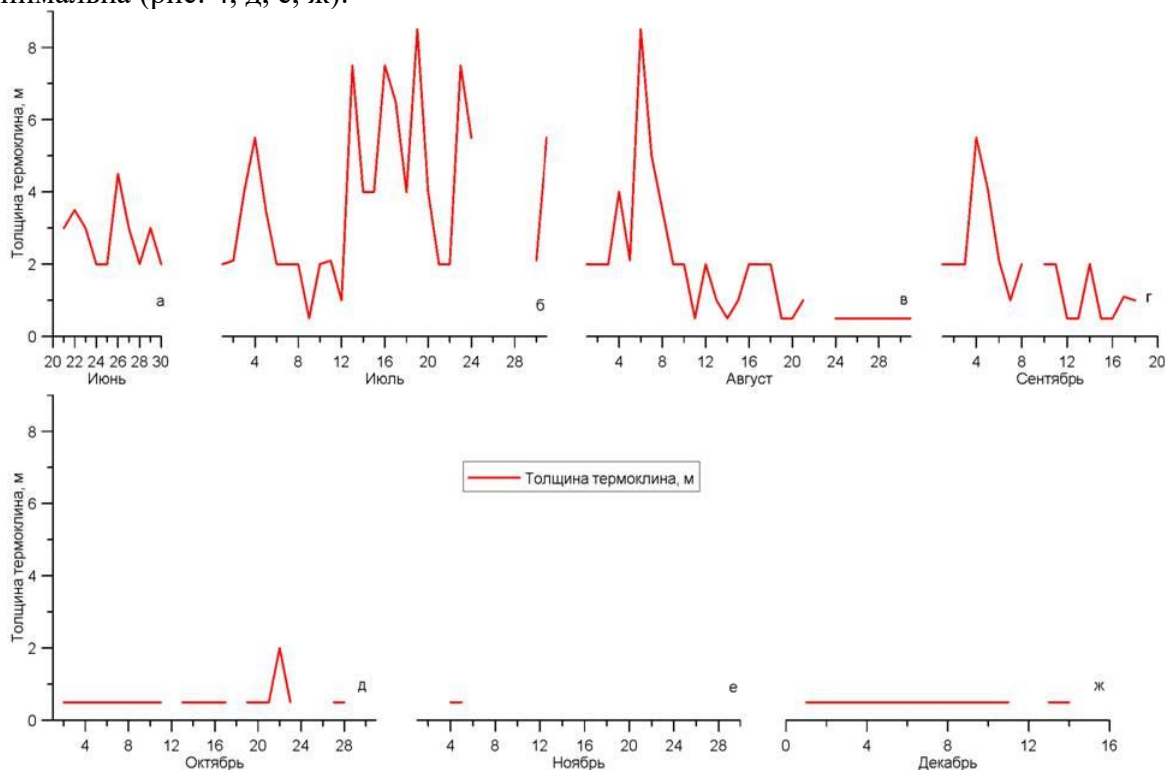


Рис. 4. Временная изменчивость толщины термоклина

Fig. 4. Temporal variability of the thermocline thickness

Толщина термоклина (если он регистрируется) максимальна в июле и первой половине августа, однако и в этот период ее колебания весьма значительны. Начиная с сентября и далее до конца года, термоклин фиксируется крайне редко, и толщина его очень мала.

Для иллюстрации процессов трансформации вертикальных профилей температуры воды во время апвеллинга и даунвеллинга на рис. 5, в качестве примера, представлены кривые профилей для периодов 6–8 сентября и 12 августа. Первый период соответствует случаю полного апвеллинга, второй – полного даунвеллинга.

При усилении западной составляющей ветра в период 6–7 сентября развился апвеллинг (рис. 5, а). По данным наблюдений гидрометеорологического пункта Черноморского гидрофизического подспутникового полигона МГИ 6 и 7 сентября наблюдался ветер западного направления, среднесуточная величина его составляла около 4 м/с. В течение 2-х суток вертикальный профиль температур резко менялся. Приток глубинных вод приводит к подъему термоклина, наблюдается резкое понижение поверхностной температуры. Термоклин выходит практически на поверхность и исчезает. Всю толщу вод занимает квазиоднородный слой с температурами порядка 9 °С. Однако, при изменении ветрового режима, стратификация с двумя квазиоднородными слоями и термоклином между ними очень быстро восстанавливается.

Во время полного даунвеллинга 12 августа (рис. 5, б) наблюдается температурная однородность во всей толще вод.

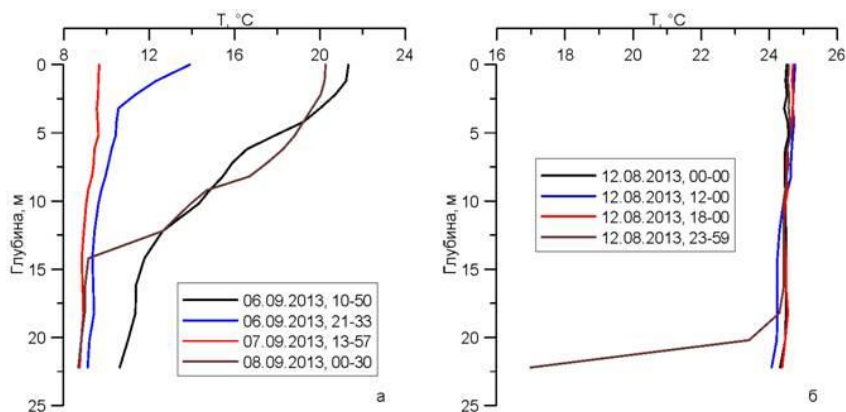


Рис. 5. Пример изменчивости вертикального профиля температуры воды в период апвеллинга (а) и даунвеллинга (б)

Fig. 5. An example of the variability of the vertical profile of water temperature during upwelling (a) and downwelling (b)

Ветровой режим в это время характеризуется штилевой погодой с небольшими отклонениями, обусловленными суточным ходом скорости и направления ветра. Термоклин опускается и вытесняет холодный нижний слой. Формально, в этот период температуры квазиоднородных слоев и термоклина совпадают, и только к концу суток термоклин проявляется в нижнем придонном слое.

Приведенные примеры демонстрируют большую изменчивость вертикальной стратификации и параметров вертикальной структуры вод у берегов южного Крыма.

## ВЫВОДЫ

Используя большой массив данных натуральных измерений вертикального распределения температуры воды у Южного берега Крыма, охватывающий два гидрологических сезона (летний и осенний) 2013 года, получены оценки параметров вертикальной структуры вод и их временной изменчивости. Дана оценка изменчивости температуры ядра сезонного термоклина, температуры верхнего и нижнего квазиоднородных слоев, разности температур между ними. Исследована изменчивость глубины залегания термоклина, нижней и верхней его границ, величины максимального вертикального градиента температуры воды, толщины термоклина.

С последней декады июня по август температура ядра термоклина растет, изменяясь от 18 °С до 25 °С. Температура квазиоднородных слоев также растет в этот период, причем в августе температура нижнего слоя растет более высокими темпами, чем верхнего. Разность температур квазиоднородных слоев максимальна в конце июня, в июле, первой половине августа и сентября. Максимальные значения ее порядка 10 °С. Во второй половине августа (время максимального прогрева) и со второй декады сентября (начало охлаждения вод) по декабрь термоклин практически полностью исчезает.

Интервал изменчивости глубины термоклина в летний сезон составляет 2–20 м, при наиболее вероятной глубине 15 м. Толщина термоклина изменяется в интервале 1–8 м, а максимальный градиент температуры – в пределах 1–5 °С/м.

В зимний период термоклин фиксируется иногда в виде нижней границы подповерхностного слоя дневного прогрева с небольшим перепадом температур, например, 9, 16, 22 октября, или в придонном слое.

Общий характер вертикальной структуры вод у берегов южного Крыма определяется вертикальной циркуляцией (подъем вод в центре моря и опускание их на периферии), удаленностью от источников распреснения, тепловым потоком через поверхность моря.



Временная изменчивость параметров вертикальной структуры температуры воды (особенно в летний период) во многом определяется процессами апвеллинга и даунвеллинга, вызванными изменениями вдольбереговой составляющей ветра. Это находит отражение в изменчивости параметров вертикальной структуры температуры воды, диапазон которой достаточно велик, особенно в летний гидрологический сезон.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках научной темы 0555-2021-0005 государственного задания ФИЦ МГИ 2021 г.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work was carried out within the framework of the scientific theme 0555-2021-0005 of the state assignment of Marine Hydrophysical Institute, 2021.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белокопытов В.Н.* Сезонный ход вертикальной термохалинной стратификации вод на черноморском шельфе Крыма. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 2019. Вып. 3. С. 19–24.
2. *Блатов А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А., Косарев А.Н., Тужилкин В.С.* Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 240 с.
3. *Блатов А.С., Иванов В.А.* Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря (на примере Южного берега Крыма). Киев: Наукова думка, 1992. 242 с.
4. *Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т.4. Черное море.* Под ред. Терзиева Ф.С. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 100 с.
5. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 4. Черное море.* Под ред. Симонова А.И., Альтмана Э.Н. СПб., 1991. 429 с.
6. *Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 2. Черное море.* Под ред. Ильина Ю.П. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. 421 с.
7. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А.* Гидрометеорологический режим южного побережья Черного моря. Препринт. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1999. 45 с.
8. *Горячкин Ю.Н., Кондратьев С.И., Ляшенко С.В.* Особенности пространственного распределения гидрологических и гидрохимических характеристик в Феодосийском заливе в августе 2002 г. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. Вып. 10. С. 58–69.
9. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А.* Изменчивость солености поверхностных вод в прибрежной зоне Южного берега Крыма. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. Вып. 12. С. 22–28.
10. *Иванов В.А., Белокопытов В.Н.* Океанография Черного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. 212 с.
11. *Книпович Н.М.* Гидрологические исследования в Черном море. Тр. Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции. М: ВНИИ Морского рыбного хозяйства, 1932. Вып. 10. 272 с.
12. *Сильвестрова К.П., Зацепин А.Г., Мысленков С.А.* Прибрежные апвеллинги в Геленджикском районе Черного моря: связь с ветровым воздействием и течением. Океанология, 2017. 57. № 4. С. 521–530.
13. *Belokopytov V.N.* Retrospective analysis of the Black Sea thermohaline fields on the basis of empirical orthogonal functions. Physical Oceanography, 2018. V. 25. Iss. 5. P. 380–389.

14. Kara A.B., Helber R.W., Boyer T.P., Elsner J.B. Mixed layer depth in the Aegean, Marmara, Black and Azov Seas: Part I: General features. *J. of Marine Systems*, 2009. V. 78. Supplement. P. S169-S180. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2009.01.022.
15. Oguz T., Dippner J. W., Kaymaz Z. Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales. *J. Marine Systems*, 2006. V. 60, Iss. 3–4. P. 235–254.

## REFERENCES

1. Belokopytov V.N. Seasonal variation of vertical thermohaline stratification of waters on the Crimean Black Sea shelf. *Environmental safety of the coastal and shelf zones of the sea*, 2019. Iss. 3. P. 19–24 (in Russian).
2. Belokopytov V.N. Retrospective analysis of the Black Sea thermohaline fields on the basis of empirical orthogonal functions. *Physical Oceanography*, 2018. V. 25. Iss. 5. P. 380–389.
3. Blatov A.S., Bulgakov N.P., Ivanov V.A., Kosarev A.N., Tugilkin V.S. Variability of the Black Sea hydrophysical fields. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 240 p. (in Russian).
4. Blatov A.S., Ivanov V.A. Hydrology and hydrodynamics of the shelf zone of the Black Sea (on the example of the southern coast of Crimea). Kiev: Naukova Dumka, 1992. 242 p. (in Russian).
5. Goryachkin Yu.N., Ivanov V.A. Hydrometeorological regime of the southern coast of the Black Sea. Preprint. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 1999. 45 p. (in Russian).
6. Goryachkin Yu.N., Kondratyev S.I., Lyashenko S.V. Features of the spatial distribution of hydrological and hydrochemical characteristics in the Feodosiya Gulf in August 2002. *Environmental safety of the coastal and shelf zones and comprehensive studies of shelf resources*. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 2004. Iss. 10. P. 58–69 (in Russian).
7. Goryachkin Yu.N., Ivanov V.A. Variability of surface water salinity in the coastal zone of the southern coast of Crimea. *Environmental safety of the coastal and shelf zones and comprehensive studies of shelf resources*. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 2005. Iss. 12. P. 22–28 (in Russian).
8. *Hydrometeorological conditions of the shelf zone of the seas of the USSR*. V.4. Black Sea. Ed. F.S. Terziev. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. 100 p. (in Russian).
9. *Hydrometeorology and Hydrochemistry of the USSR Seas*. V.4. Black Sea. Ed. Simonova A.I., Altman E.N. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 1991. 429 p. (in Russian).
10. *Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine*. V. 2. Black Sea. Ed. Ilyin Yu.P. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 2012. 421 p. (in Russian).
11. Ivanov V.A., Belokopytov V.N. *Oceanography of the Black Sea*. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 2011. 212 p. (in Russian).
12. Knipovich N.M. Hydrological research in the Black Sea. Tr. Azov-Black Sea scientific fishing expedition. Moscow: All-Union Scientific Research Institute of Marine Fisheries, 1932. No 10. 272 p. (in Russian).
13. Kara A.B., Helber R.W., Boyer T.P., Elsner J.B. Mixed layer depth in the Aegean, Marmara, Black and Azov Seas: Part I: General features. *J. of Marine Systems*, 2009. V. 78. Supplement. P. S169-S180. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2009.01.022.
14. Oguz T., Dippner J.W., Kaymaz Z. Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales. *J. Marine Systems*, 2006. V. 60, Iss. 3–4. P. 235–254.
15. Silvestrova K.P., Zatsepin A.G., Myslenkov S.A. Coastal upwellings in the Gelendzhik region of the Black Sea: relationship with wind and current. *Oceanology*, 2017. 57. No 4. P. 521–530 (in Russian).