



УДК 551.579. (262. 54)

Среда обитания водных биологических ресурсов

Изменчивость гидрометеорологических условий в Керченской бухте в 2007-2024 гг.

А.Т. Кочергин, В.А. Окуневич

Керченский отдел Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), ул. Свердлова, 2, Керчь, 298300

E-mail: kochkerch@mail.ru

SPIN-код: А.Т. Кочергин – 5494-3231; Окуневич В.А. – 6116-6934

Цель работы: изучение изменчивости гидрометеорологических условий в Керченской бухте в 2007-2024 гг.

Используемые методы: методика исследования основана на построении и анализе графиков межгодовой изменчивости среднегодовых и среднемесячных значений гидрометеорологических параметров за 2007-2024 гг., включая данные еженедельного мониторинга в период 2017-2024 гг.

Новизна: впервые для данного района проанализирована изменчивость условий среды для семнадцатилетнего периода, включая последние годы.

Результаты: проведён анализ межгодовой изменчивости за 2007-2024 гг. среднемесячных значений температуры приземного воздуха и поверхности воды, солёности вод верхнего слоя, скорости и направления приземного ветра, волнения и прозрачности воды в Керченской бухте. Выявлено преобладание положительных аномалий температуры воздуха и воды с увеличением количества жарких летних и сокращением числа зимних морозных дней по сравнению с предшествующим 50-летним периодом. Отмечены значительное увеличение солёности в 2007-2014 гг., замедление роста и стабилизация её значений после 2017 г., что в основном обусловлено адвекцией вод через Керченский пролив и ветровым режимом района. Выделены три периода в межгодовой изменчивости среднемесячной высоты волн: 2017-2019 гг. со средними, 2020-2022 гг. с пониженными и 2023-2024 гг. с повышенными значениями. Показано, что наименьшая прозрачность вод бухты ($\leq 1,0$ м) наблюдалась в основном в феврале-марте при переменных ветрах; наибольшая ($> 3,0$ м) – с апреля по декабрь, начиная с июля 2021 г., при ветрах северных румбов и пониженной их скорости.

Практическая значимость: результаты, полученные в статье, будут полезны для оценки изменчивости экосистемы в таком активном промышленном и рыбохозяйственном районе как Керченская бухта.

Ключевые слова: температура, солёность, скорость ветра, волнение, прозрачность, изменчивость, Керченская бухта.

Variability of the hydrometeorological conditions in Kerch Bay in 2007-2024

Anatoly T. Kochergin, Vadim A. Okunevich

Department of the Kerch, Azov-Black Sea branch of VNIRO («AzNIIRKH»), 2, Sverdlova st., Kerch, 298300, Russia
Aim of this work is to investigate the variability of the hydrometeorological conditions in Kerch Bay in 2007-2024.

Methods used: the methodology of this study involves plotting and analyzing the graphs for the long-term variability of the average monthly values of the hydrometeorological parameters for 2007-2024 based on the data collected over the course of weekly monitoring conducted from April 2017 to April 2024.

Novelty: for the first time, the variability of the environmental conditions in this region has been investigated for 17-year time range, including the most recent years.

Results: the analysis of the long-term (2007-2024) variability of the average monthly near-ground air and water surface temperature, upper water layer salinity, near-ground wind speed and direction, wave action, and water transparency in Kerch Bay has been conducted. The prevalence of positive anomalies of air and water temperature involving the increased number of hot summer days and reduction in the number of winter sub-zero cold days as compared to the preceding 50-year time range has been identified. Considerable increase in the salinity is recorded for 2007-2014, which is followed by the lowering rates of its increase and stabilization of its values after 2017, mainly due to the water advection via the Kerch Strait and the wind regime in this area. The long-term variability of the average monthly wave heights has been categorized into three time ranges: 2017-2019 characterized by medium values, 2020-2022 characterized by decreased values, and 2023-2024 characterized by increased values. It is shown that the lowest water transparency in the bay (≤ 1.0 m) is recorded mainly in February–March under variable winds; the highest one (> 3.0 m) is observed from April to December (since July 2021) in the context of the northerly winds and the lowest average wind speed.

Practical significance: results obtained and discussed in this article can be vital for the assessment of the ecosystem variability in Kerch Bay as a region heavily involved into industrial and fishing activity.

Keywords: temperature, salinity, wind speed, wave action, transparency, variability, Kerch Bay.

ВВЕДЕНИЕ

Керченская бухта является частью одноименного пролива и вдаётся в его западный берег между мысами Белый на юго-западе и Змеиный на северо-востоке. Бухта мелководная, глубины в ней не превышают 5 м.

Керченский пролив имеет большое рыбохозяйственное значение в Азово-Черноморском бассейне – многие массовые виды рыб совершают через него нагульные, нерестовые, зимовальные миграции из Азовского в Чёрное море и обратно. На экологическое состояние Керченской бухты оказывают влияние как антропогенные, так и природные факторы [Еремеев и др., 2003].

В 1992-2007 гг. по сравнению с 1960-1991 гг. в атмосфере над исследуемым регионом ослабла интенсивность преобладавшего ранее юго-восточного переноса, и стали превалировать северо-восточные ветры. Уменьшилась среднемесячная скорость ветра (особенно зимой и весной) с максимумом в марте – 5,1 м/с (ранее 7,1 м/с), минимумом в июне – 4,2 м/с (ранее 4,6 м/с) [Ломакин и др., 2010].

В течение 1992-2007 гг. среднегодовая температура приземного воздуха и поверхности воды в районе Керчи возросла примерно на 2 °С и изменялась в диапазонах 9,7-12,4 и 12,6-13,1 °С соответственно [Ломакин и др., 2010]. Среднегодовая температура воды была выше температуры воздуха на 1,5-2,2 °С, т. е. воды пролива оказывали тепляющее влияние в этом районе.

В 2007-2019 гг. наблюдалась тенденция сокращения числа морозных зимних дней и увеличения жарких летних дней (с температурой воздуха выше 25 °С) по сравнению со второй половиной XX века [Ильин и др., 2009; Кочергин, Боровская, 2020].

С октября по март повторяемость слабого волнения в районе Керченской бухты составляет 60,0-70,6%; с мая по июнь она увеличивается до 70,2-78,8% от всех случаев [Дьяков и др., 2019]. Интенсивное ветровое волнение ($\geq 7,5$ дм) в холодный период года составляет 2,7-8,8%, а 4-балльное волнение – 0,1-0,5%. При этом высота волн может достигать 20 дм [Еремеев и др., 2003].

В районе Керченской бухты преобладающими в течение года являются: северное (18,4%), юго-восточное (16,6%), западное (15,9%) и северо-западное (13,2%) направления волнения. 4-балльное волнение в основном имеет северо-восточное (0,5%) и восточное (0,2%) направления [Дьяков и др., 2019].

В 50-70-е годы XX века наблюдалась максимальная волновая активность в проливе и её резкий спад

после 1980 г. В 1993-2018 гг. отмечено постепенное увеличение среднегодовых высот волн и повторяемости сильного волнения. Аналогичное усиление волновой активности в 2002-2018 гг. практически во все месяцы года отмечено в Керченской бухте, когда были зафиксированы максимальные за весь исторический период наблюдений высоты волн (20 дм). Однако, в целом за год в 97% случаев здесь высота волн не превышает 10 дм [Дьяков и др., 2019].

Согласно исследованиям 2002-2011 гг., воды пролива имели солёность 10,7-18,0‰ [Еремеев и др., 2003; Иванов и др., 2014]. Максимальная солёность поверхностных вод наблюдалась в январе и ноябре, когда течение из Азовского моря заметно ослабевает, минимальная – в июне.

Согласно спутниковым снимкам акватории Керченского пролива, а также отдельным синхронным с ними контактными определениями гидрооптических характеристик, воды Азовского и Чёрного морей существенно отличаются по оптическим свойствам [Ломакин, Боровская, 2005; 2006; Ломакин и др., 2006; Чепыженко и др., 2005]. Азовские воды в проливе имеют повышенные содержание взвеси и мутность и, как следствие, зеленовато-бурый цвет и прозрачность не более 0,3-0,5 м; а черноморские воды с концентрацией взвешенного вещества в 1,5-2,0 раза меньше – сине-зелёный цвет и прозрачность до 2-3 м [Ломакин и др., 2011].

Цель данной работы – охарактеризовать изменчивость гидрометеорологических условий в Керченской бухте в первую четверть XXI века (2007-2024 гг.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для исследования послужили данные еженедельного мониторинга (один раз в неделю в 09:00) гидрометеорологических условий Керченской бухты в районе центрального причала (рис. 1) в период с апреля 2017 г. по апрель 2024 г.

Наблюдения включали определение температуры воздуха психрометром, скорости и направления приземного ветра анемометром Skywatch Edle, температуры поверхности воды поверхностным термометром ТМ-10, прозрачности и цветности воды диском Секки, высоты волны и балльности волнения визуально. Отбирались пробы воды из поверхностного слоя для определения солёности в лаборатории электросолемером ГМ-2007.

Для анализа также привлекались среднемесячные значения температуры воздуха и поверхности воды, скорости и направления приземного ветра за 2007-2016 гг. (период, предшествующий натурным наблюдениям за гидрометеорологическими условиями Керчен-

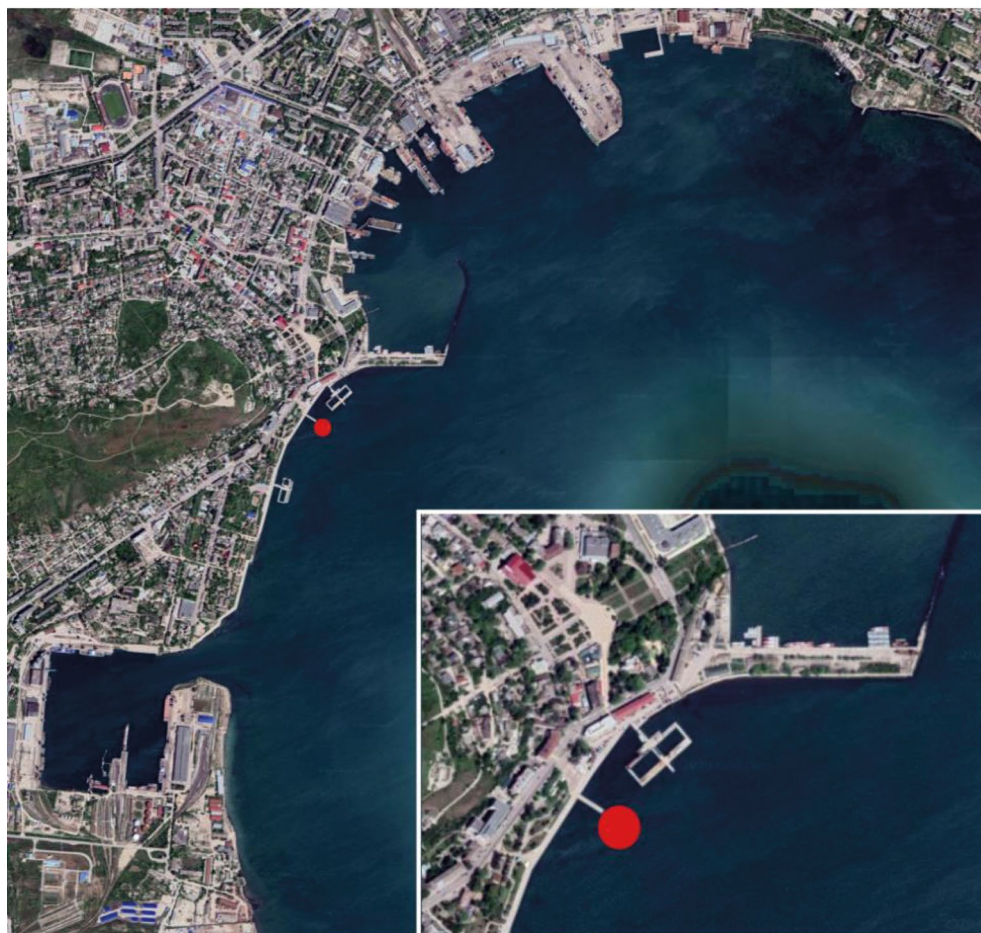


Рис. 1. Район проведения гидрометеорологического мониторинга – причал в центре г. Керчь

Fig. 1. Area covered by the hydrometeorological monitoring, and its site – a pier in the city center of Kerch

ской бухты) с сайта gr5.ru (ООО «Расписание погоды» г. Санкт-Петербург; ежедневные данные с сервера международного обмена NOAA США), а также среднемесячные значения солёности за 2007-2013 гг., представленные в [Авдеева и др., 2014]. Использованные для сравнения данные многолетних гидрометеорологических наблюдений 1956-2007 гг. взяты из [Ильин и др., 2009].

Методика исследования основана на построении и анализе графиков межгодовой изменчивости среднегодовых и среднемесячных значений гидрометеорологических параметров за 2007-2024 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Температура приземного воздуха в 2007-2024 гг. имела положительный тренд в изменениях её среднегодовых значений (рис. 2) с межгодовой амплитудой 2,2 °C и внутригодовой амплитудой среднемесячных значений 33,0 °C (–6,2... + 26,8 °C), которая в этот период в связи с мягкими зимами была значительно меньше, чем в предшествующие 50 лет (1956-2007 гг.), когда она достигала 57,0 °C [Дьяков и др.,

2019]. Средняя зимняя температура составила 2,7 °C, тогда как в предшествующий пятидесятилетний период она равнялась 1,2 °C (в 2,3 раза ниже).

Наблюдалась тенденция сокращения числа зимних морозных дней от 27 в среднем для периода 2007-2016 гг. до 15 в 2017-2024 гг. и соответственно повышения минимальных значений температур от –16,4...–5,9 до –9,5...–3,5 °C (табл. 1), т. е. тепловой фон в бухте в зимний сезон стал выше.

В 70-е годы прошлого столетия количество жарких летних дней (с температурой воздуха выше 25 °C) на юге Азовского моря составляло в среднем 16, в начале XX века оно достигало 48 [Ильин и др., 2009], а в 2007-2023 гг. в Керченской бухте – 50, всегда оставаясь более 24 (табл. 1).

Среднемесячная температура воздуха, находилась в диапазоне –6,4...+4,9 °C в 2007-2016 гг. и –3,2...+6,5 °C в 2017-2024 гг. с преобладанием во втором периоде положительных аномалий, т. е. произошло смещение диапазона температуры к положительным значениям.

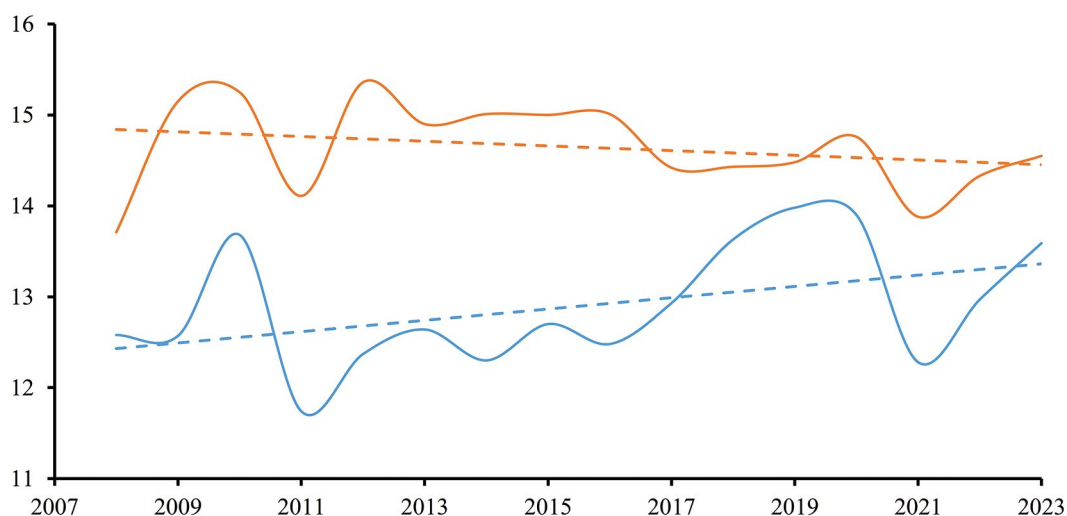


Рис. 2. Среднегодовая температура приземного воздуха (T_a , °C – синяя кривая) и поверхности воды (ТПВ, °C – коричневая кривая) в 2007-2023 гг.

Fig. 2. Average annual temperature of surface air (T_a , °C – blue curve) and water surface (TSW, °C – brown curve) in 2007-2023

Таблица. 1. Количество жарких летних ($T_a > 25$ °C) и морозных зимних (декабрь-февраль) дней, минимальная зимняя температура воздуха в 2007-2024 гг.

Table 1. Number of hot summer ($T_a > 25$ °C) and cold sub-zero winter (December-February) days, and the lowest winter air temperature in 2007-2024

	Летние дни с $T_a > 25$ °C	Морозодни	T_a °C минимальная
2007	40	42	-10,4
2008	24	29	-8,2
2009	24	8	-6,8
2010	46	34	-8,1
2011	28	36	-16,4
2012	40	15	-5,9
2013	31	30	-13,8
2014	39	18	-11,1
2015	32	17	-9,9
2016	47	37	-8,8
2017	37	14	-4,6
2018	50	13	-3,5
2019	28	5	-5,7
2020	33	27	-9,5
2021	30	14	-6,2
2022	28	20	-5,1
2023	29	10	-6,1

Температура поверхности воды (ТПВ). В 2007-2023 гг. наблюдалась довольно однородная межгодовая изменчивость ТПВ с незначительным отрицательным трендом (см. рис. 2). Наиболее тёплыми, когда среднегодовая ТПВ превышала 15,0 (15,04-16,02) °C, были 2009, 2012 и 2013 гг.; наиболее холодными с ТПВ менее 14,0 (13,95-13,99) °C – 2008 и 2017 гг.;

в остальные годы ТПВ находилась в диапазоне 14,02-15,00 °C. В общем, различие среднегодовых значений ТПВ за 2007-2023 гг. не превышало 1,07 °C.

Внутригодовая амплитуда среднемесячных значений ТПВ в 2007-2024 гг. составила 27,8 (0,8-27,0) °C, среднегодовое значение – 14,7 °C, что меньше амплитуды – 30,8 (минус 1,0 – плюс 29,8) °C и выше сред-

негодового значения – 12,3 °С в предшествующие 50 лет [Ильин и др., 2009], в основном за счёт установившихся более тёплых зим.

Отмечалось значительное преобладание положительных аномалий среднемесячной ТПВ (195 случаев из 205), достигавших значений 8,1 °С.

Солёность поверхностного слоя. За последние полтора десятилетия среднемесячная солёность Керченской бухты претерпела существенный рост, что согласуется с резким ростом солёности в предпроливном районе Азовского моря и в море в целом в это время [Dashkevich et al, 2016; Кочергин и др., 2018]. Основной причиной современного осолонения является уменьшение стока р. Дон в 2007-2017 гг. до 11-17 км³/год на фоне увеличения испарения, связанного с повышением температур [Бердников и др., 2019]. Рост солёности вод в рамках сезонной и межгодовой изменчивости связан также с активизацией меридионального водообмена в море (прежде всего, в поверхностном слое) и ослаблением зонального, что обеспечивало после 2006 г. интенсивное поступление в Азовское море черноморских вод через Керченский пролив [Спиридонова, Панов, 2021].

В 2007-2009 гг. среднемесячные значения солёности находились в пределах 10,5-15,5‰ (в среднем 11,7‰), их аномалии изменялись от –2,3 до 2,2‰, а в 2017-2024 гг. солёность увеличилась до 14,5-

17,6‰ (в среднем 16,0‰), все её аномалии стали положительными – 1,4-4,7‰ (рис. 3), что согласуется с данными работы [Кочергин, Боровская, 2020]. Среднегодовая солёность в 2007-2009 гг. составляла 11,0-12,0‰ с диапазоном 1,0‰, в 2017-2024 гг. увеличилась до 15,8-16,5‰ при диапазоне изменчивости лишь 0,8‰ (табл. 2), т. е. после 2017 г. произошло замедление роста и относительная стабилизация солёности в бухте.

Замедление роста и относительная стабилизация солёности в бухте частично связаны с ростом скорости преобладающего ветра северных румбов, усиливавшего течения из Азовского моря в 2018-2019 гг. (см. рис. 3). Такая тенденция изменения солёности, прогнозирувавшаяся с 2020 г. [Панов и др., 2019], проявилась несколько ранее.

В целом, для всего ряда лет тренд среднемесячной солёности положительный (рис. 3), в первый период – 2007-2013 гг. положительный (рис. 4), во второй – 2017-2024 гг. – практически нулевой (рис. 5).

Ветровая ситуация в 2007-2017 гг. характеризовалась относительно однородной изменчивостью среднемесячной скорости ветра в диапазоне 2,1-6,4 (средняя за этот период 4,3 м/с) и средней отрицательной аномалией – 0,48 м/с; в 2018-2019 гг. – ростом до 3,0-8,3 м/с (средняя 4,7 м/с) и незначительной средней отрицательной аномалией –0,22 м/с; в 2020-2024 гг. – резким уменьшении

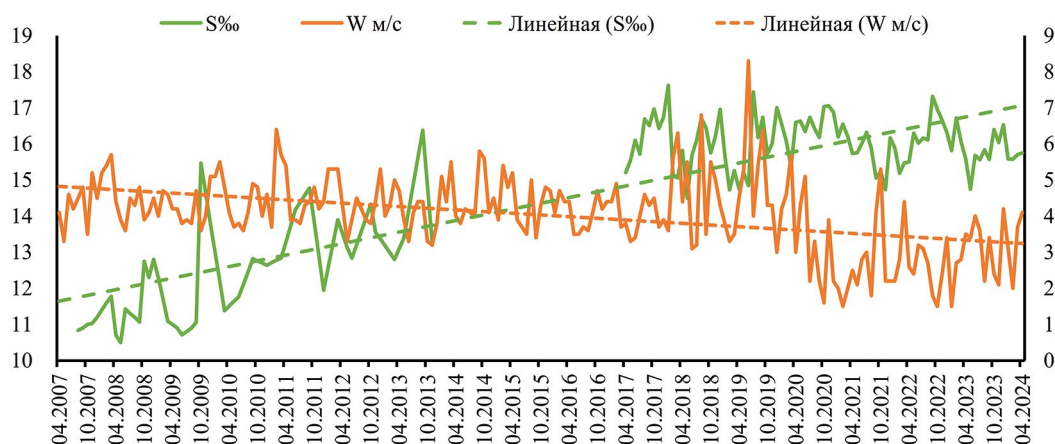


Рис. 3. Среднемесячные солёность поверхности воды (S, ‰) – левая ось и приземная скорость ветра (W, м/с) – правая ось
Fig. 3. Average monthly water surface salinity (S, ‰) – left axis and average near-ground wind speed (W, m/c) – right axis

Таблица 2. Среднегодовая солёность поверхности воды (S, ‰) в 2007-2023 гг.
Table 2. Average annual salinity of the water surface (S, ‰) in 2007-2023

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
S‰	10,99	11,57	12,03	12,25	13,50	13,44	14,06	16,21	16,00	15,80	16,49	15,82	16,16	15,88

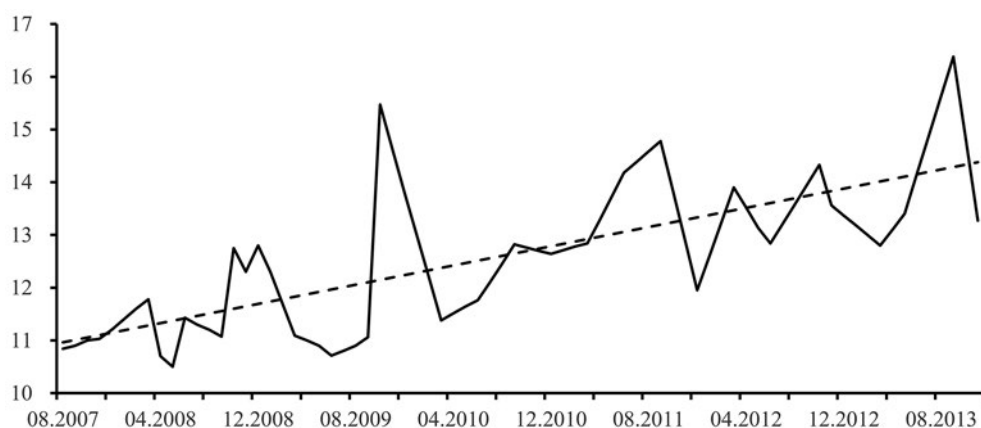


Рис. 4. Среднемесячная солёность поверхности воды (S, ‰) в 2007-2014 гг.

Fig. 4. Average monthly salinity of the water surface (S, ‰) in 2007-2014

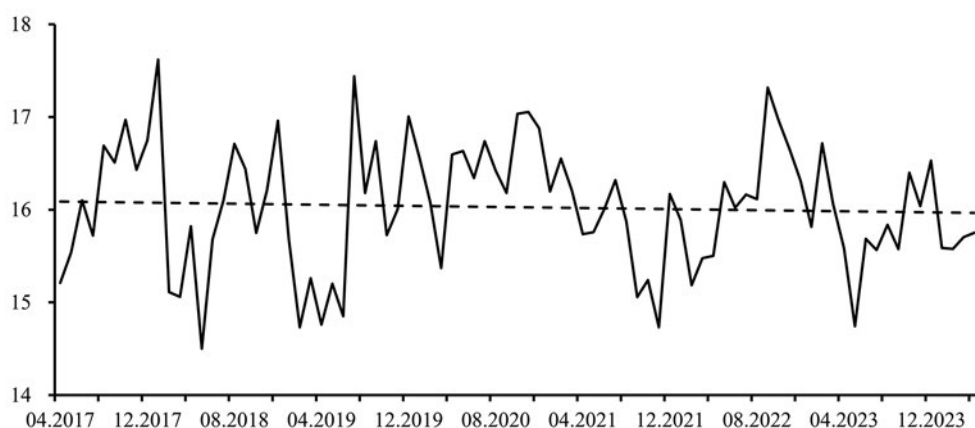


Рис. 5. Среднемесячная солёность поверхности воды (S, ‰) в 2017-2024 гг.

Fig. 5. Average monthly salinity of the water surface (S, ‰) in 2017-2024

ем до 1,5-5,7 м/с (средняя 3,0 м/с) и значительно большей отрицательной аномалией – 1,82 м/с (см. рис. 3). В целом, тренд скорости преобладающих ветров северных румбов за исследуемый период был отрицательным, особенно после 2019 г., что согласуется с предыдущими исследованиями, указывающими на тенденцию понижения ветровой активности на азовском побережье с середины 1990-х гг. и даже усиление этой тенденции в начале XXI века [Бердников и др., 2019].

Волнение моря. В межгодовой изменчивости среднемесячной высоты волн выделялись три периода: 2017-2019 гг. – большая изменчивость (0,05-0,89 м) со средним за этот период значением 0,39 м; 2020-2022 гг. – снижение высоты волн до 0,10-0,60 м (среднее – 0,36 м); 2023-2024 гг. – усиление волнения до 0,20-0,80 м при среднем значении 0,48 м (рис. 6).

Высота волн, естественно, тесно связана со скоростью ветра (уровень значимости менее 0,01), несмотря на закрытость бухты и влияние зыби.

Прозрачность воды. В Керченской бухте, где расположены торговый и рыбный порты, а также подходы к ним, наблюдаются линзы трансформированных вод с загрязняющей антропогенной составляющей, в которых концентрация общего взвешенного вещества (ОВВ) превышает 4-5 мг/л, что больше, чем в предпроливных участках Азовского и Чёрного морей, где содержание ОВВ составляет в основном 0,8-2,4 мг/л [Ломакин и др., 2019]. Это приводит к снижению прозрачности вод бухты.

Наименьшая прозрачность ($\leq 1,0$ м) отмечалась в основном в феврале-марте при переменных ветрах со средней скоростью 4,5 м/с; наибольшая ($> 3,0$ м) с апреля по декабрь, начиная с июля 2021 г., при ветрах северных румбов со средней скоростью 3,9 м/с (табл. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2007-2024 гг. наблюдался положительный тренд в изменениях среднегодовой температуры воздуха, преобладание положительных аномалий, увеличение

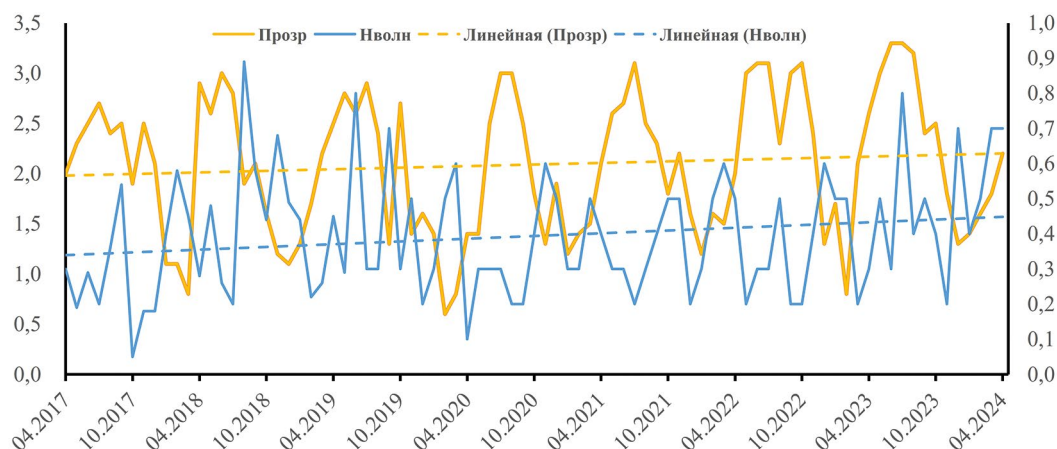


Рис. 6. Среднемесячная высота волн (Н волн, м) – правая ось и прозрачность воды (Прозр, м) – левая ось в 2017-2024 гг.

Fig. 6. Average monthly wave height (Н волн, m) – right axis and water transparency (Прозр, m) – left axis in 2017-2024

Таблица. 3. Прозрачность воды в определённые месяцы при определённых скоростях (W) и направлениях ветра

Table 3. Water transparency for the specific months under the specific wind velocities (W) and directions

Прозрачность, м	Месяцы*	W м/с	Направление ветра
≤1,0	2-3	4,5 (1,5-6,4)	Переменное
1,1-1,5	11-3	4,1 (1,5-6,4)	Северных румбов (10 случаев из 19)
1,6-2,0	10-2	4,0 (1,5-6,4)	Переменное
2,1-2,5	4-12	4,0 (1,5-8,3)	Северных румбов (18 случаев из 26)
2,6-3,00	4-7	4,1 (1,5-6,4)	Северных румбов (10 случаев из 17)
>3,0**	6-8	3,9 (1,8-8,3)	Северных румбов (5 случаев из 7)

Примечание: * – месяцы с преобладающим количеством случаев, ** – наблюдалась с июля 2021 г.

количества жарких летних дней, сокращение числа зимних морозных дней, т. е. тепловой фон в бухте стал выше, особенно зимой, по сравнению с предыдущим 50-летним периодом.

Среднегодовая ТПВ в 2007-2024 гг. имела слабый отрицательный тренд с диапазоном не более 1,07 °С. Внутригодовая амплитуда среднемесячной ТПВ в этот период была меньше, а среднегодовые её значения – выше, чем в предшествующие 50 лет, в основном за счёт установившихся более тёплых зим. Отмечалось значительное преобладание положительных аномалий среднемесячной ТПВ, достигавших 8,1 °С.

В 2017-2024 гг. среднемесячная солёность увеличилась до 14,5-17,6‰, а среднегодовая до 15,7-16,5‰ по сравнению с 2007-2009 гг. (10,5-15,5 и 11,0-12,0‰ соответственно). Наиболее резкий рост происходил до 2014 г. После 2017 г. произошли его замедление и относительная стабилизация солёности в бухте в связи с увеличением скорости преобладавших ветров северных румбов, усиливавших азовские течения. Тренд среднемесячной солёности в 2007-

2013 гг. был положительный, в 2017-2024 гг. – практически нулевой.

В целом, тренд среднемесячной скорости преобладающих ветров северных румбов за исследуемый период был отрицательным с некоторым ростом скорости в 2018-2019 гг. и резким снижением в 2020-2024 гг.

В межгодовой изменчивости среднемесячной высоты волн выделялись три периода: 2017-2019 гг. с наибольшей изменчивостью, 2020-2022 гг. с ослаблением волнения и 2023-2024 гг. с усилением волнения.

Наименьшая прозрачность вод бухты (≤1,0 м) отмечалась в основном в феврале-марте при переменных ветрах повышенной скорости, наибольшая (>3,0 м) – с апреля по декабрь, при ветрах северных румбов пониженной скорости.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в порядке личной инициативы.

Литература

- Авдеева Т.М., Заремба Н.Б., Жугайло С.С., Загайная О.Б., Аджиумеров С.Н. 2014. Экологическое состояние прибрежной акватории Керченской бухты // Труды ЮГНИРО. Т. 52. С. 74-80.
- Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. 2019. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX – начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 2, № 2. С. 7-19.
- Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Цвезинский А.С., Липченко А.Е., Лукин Д.В., Полозок А.А., Фомина И.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А., Левицкая О.В. 2019. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе. Севастополь: Изд-во ГОИ им. Н.Н. Зубова. 365 с.
- Еремеев В.Н., Иванов В.А., Ильин Ю.П. 2003. Океанографические условия и экологические проблемы Керченского пролива // Морской экологический журнал. Т. 2. № 3. С. 27-40.
- Иванов В.А., Матишов Г.Г., Кушнир В.М., Бердников С.В., Чепыженко А.И., Поважный В.В., Степанян О.В. 2014. Керченский пролив в осенний период 2011 года: результаты совместных комплексных исследований, выполненных в экспедиции МГИ НАН Украины и ЮНЦ РАН // Морской гидрофизический журнал. № 1. С. 44-57.
- Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. 2009. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1. Азовское море. Севастополь: Изд-во УНИГМИ МЧС и НАН Украины. ЭКОСИ-Гидрофизика. 402 с.
- Кочергин А.Т., Боровская Р.В. 2020. Гидрометеорологические условия Керченской бухты в 2017-2019 гг. // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 3. № 4. С. 25-34. DOI: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_25.
- Кочергин А.Т., Жукова С.В., Малыгин Е.Ю. 2018. Межгодовая изменчивость солёности и вертикальной термохалинной устойчивости в различных районах Азовского моря в летний период 1992-2016 гг. // Системы контроля окружающей среды. № 11. С. 63-68. DOI: 10.33075/2220-5861-2018-1-63-68.
- Ломакин П.Д., Боровская Р.В. 2005. Возможность контроля системы течений в Керченском проливе на базе спутниковой информации // Системы контроля окружающей среды. № 5. С. 255-257.
- Ломакин П.Д., Боровская Р.В. 2006. Характеристика современного состояния системы течений в Керченском проливе на базе спутниковых и контактных наблюдений // Исследования Земли из Космоса. № 6. С. 65-71.
- Ломакин П.Д., Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. 2010. Особенности межгодовых и сезонных вариаций гидрометеороло-

гических условий в районе Керченского пролива за два последних десятилетия // Морской гидрофизический журнал. № 2. С. 36-48.

Ломакин П.Д., Спиридонова Е.О., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. 2011. Особенности поля взвеси в водах Керченского пролива // Морський екологічний журнал. Т. 10. № 2. С. 49-58.

Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Панов Б.Н., Боровская Р.В. 2006. Гидрологические условия и характеристика загрязнения вод Керченского пролива в мае 2005 года по данным контактных измерений и спутниковых наблюдений // Исследования Земли из Космоса. № 4. С. 27-33.

Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. 2019. Типизация и районирование акватории Керченского пролива по характерным признакам стратификации поля концентрации общего взвешенного вещества // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. № 2. С. 94-102. DOI: 10.22449/2413-5577-2019-2-94-102.

Панов Б.Н., Спиридонова Е.О., Жукова С.В. 2019. Роль атмосферной циркуляции в процессе устойчивых изменений солёности вод Азовского моря // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. № 3. С. 55-61. DOI: 10.23683/0321-3005-2019-3-55-61.

Спиридонова Е.О., Панов Б.Н. 2021. Изменения структурных показателей и среднего значения поля солёности вод Азовского моря // Морской гидрофизический журнал. Т. 37, № 3 (219). С. 305-317. DOI: 10.22449/0233-7584-2021-3-305-317.

Чепыженко А.И., Ломакин П.Д., Боровская Р.В. 2005. Характеристика загрязнения вод Керченской бухты по данным оптических измерений // Современное состояние экосистемы Чёрного и Азовского морей. Тез. докл. межд. конф. Крым, Донузлав. С. 86.

Dashkevich L. V., Berdnikov S. V. 2016. Climatic changes and salinity of the Sea of Azov for 100 years // Proc. of the 16th Intern. Multidiscipl. Scient. GeoConf. SGEM 2016 (Albena, 28 June – 6 July, 2016). New York: Curran Associates, Inc. Book 3. V. 2. P. 719-726. DOI: 10.5593/SGEM2016/B32/S15.094.

REFERENCES

- Avdeeva T.M., Zaremba N.B., Zhugaylo S.S., Zagaynaya O.B., Adzhiumerov S.N. 2014. *Environmental state of the Kerch Bay coastal waters* // Trudy YugNIRO. V. 52. P. 74-80. (In Russ.).
- Berdnikov S.V., Dashkevich L.V., Kulygin V.V. 2019. Climatic conditions and hydrological regime of the Sea of Azov in the XX – early XXI centuries // Aquatic Bioresources & Environment. V. 2. № 2. P. 7-19. (In Russ.).
- Dyakov N.N., Fomin V.V., Tsvetsinskiy A.S., Lipchenko A.E., Lukin D.V., Polozok A.A., Fomina I.N., Timoshenko T. Yu., Belogudov A.A., Levitskaya O.V. 2019. Modern hydrometeorological conditions for the formation of wind-wave, ice and other dangerous phenomena in the Kerch Strait. Sevastopol: N.N. Zubov's SOI Publish. 365 p. (In Russ.).

- Eremeev V.N., Ivanov V.A., Ilyin Yu.P. 2003. Oceanographic conditions and ecological problems in the Kerch Strait // Marine Ecological Journal. V. 2. № 3. P. 27-40. (In Russ.).
- Ivanov V.A., Matishov G.G., Kushnir V.M., Berdnikov S.V., Chepyzhenko A.I., Povazhnyy V.V., Stepanyan O.V. 2014. Kerch Strait in the autumn season of 2011: Results of the joint multi-disciplinary research conducted during the expedition of the MHI of the NASU and the SSC of the RAS // Marine Hydrophysical Journal. № 1. P. 44-57. (In Russ.).
- Ilyin Yu.P., Fomin V.V., Dyakov N.N., Gorbach S.B. 2009. Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. V. 1. The Sea of Azov. Sevastopol: URHMI of the SSEU and NASU. EKOSI-Hydrophysics. 402 p. (In Russ.).
- Kochergin A.T., Borovskaya R.V. 2020. Hydrometeorological conditions of the Kerch Bay in 2017-2019 // Aquatic Bioresources & Environment. V. 3, № 4. P. 25-34. DOI: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_25. (In Russ.).
- Kochergin A.T., Zhukova S.V., Malygin E.Yu. 2018. Inter-annual variability of salinity and vertical thermohaline stability in the different areas of the Sea of Azov in summer season of 1992-2016 // Monitoring Systems of Environment. № 11. P. 63-68. DOI: 10.33075/2220-5861-2018-1-63-68. (In Russ.).
- Lomakin P.D., Borovskaya R.V. 2005. Possibility of monitoring the system of currents in the Kerch Strait on the basis of satellite information // Monitoring Systems of Environment. № 5. P. 255-257. (In Russ.).
- Lomakin P.D., Borovskaya R.V. 2006. Characteristic of modern condition of currents system of Kerch Strait on base of satellite and contact observations // Earth Observation and Remote Sensing. № 6. P. 65-71. (In Russ.).
- Lomakin P.D., Panov B.N., Spiridonova E.O. 2010. Specific features of the interannual and seasonal variations of hydrometeorological conditions in the region of Kerch Strait for the last two decades // Marine Hydrophysical Journal. № 2. P. 36-48. (In Russ.).
- Lomakin P.D., Spiridonova E.O., Chepyzhenko A.I., Chepyzhenko A.A. 2011. The TSM field distribution particularities in the waters of Kerchenskiy strait // Marine Ecological Journal. V. 10, № 2. P. 49-58. (In Russ.).
- Lomakin P.D., Chepyzhenko A.I., Panov B.N., Borovskaya R.V. 2006. Hydrological conditions and characteristics of pollution of Kerch Strait water in May 2005 on base of contact measurements and satellite observations // Earth Observation and Remote Sensing. № 4. P. 27-33. (In Russ.).
- Lomakin P.D., Chepyzhenko A.I., Chepyzhenko A.A. 2019. Typification and zoning of the Kerch Strait waters according to specific stratification of total suspended matter concentration // Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea. № 2. P. 94-102. DOI: 10.22449/2413-5577-2019-2-94-102. (In Russ.).
- Panov B.N., Spiridonova E.O., Zhukova S.V. 2019. The role of atmospheric circulation in the process of steady changes in the salinity of the Azov Sea waters // Bulletin of Higher Education Institutes. North Caucasus Region. Natural Sciences. № 3. P. 55-61. DOI: 10.23683/0321-3005-2019-3-55-61. (In Russ.).
- Spiridonova E.O., Panov B.N. 2021. Changes of the structure indicators and the salinity field average value in the Sea of Azov // Marine Hydrophysical Journal. V. 37. № 3 (219). P. 305-317. DOI: 10.22449/0233-7584-2021-3-305-317. (In Russ.).
- Chepyzhenko A.I., Lomakin P.D., Borovskaya R.V. 2005. Characterization of the pollution of the Kerch Bay waters based on the data collected over the course of optical measurements // Current state of the ecosystem of the Black and Azov Seas. Abstr. of the Intern. Conf. Crimea, Donuzlav. P. 86. (In Russ.).
- Dashkevich L.V., Berdnikov S.V. 2016. Climatic changes and salinity of the Sea of Azov for 100 years // Proc. of the 16th Intern. Multidiscipl. Scient. GeoConf. SGEM 2016 (Albena, 28 June – 6 July, 2016). New York: Curran Associates, Inc. Book 3. V. 2. P. 719-726. DOI: 10.5593/SGEM2016/B32/S15.094.

Поступила в редакцию 21.10.2024 г.

Принята после рецензии 11.02. 2025 г.