

Гидрофизические исследования в бухте Круглой (Севастополь)

А. А. Латушкин¹, А. И. Чепыженко¹, А. В. Празукин^{2*},
А. А. Чепыженко¹, Ю. К. Фирсов²

¹ *Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия*

² *ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия*

**e-mail: prazukin@mail.ru*

Поступила 30.06.2021 г.; принята к публикации 12.08.2021 г.; опубликована 25.09.2021 г.

На основе двух гидрофизических съемок (28 августа и 14 ноября 2019 г.) исследованы особенности пространственного распределения температуры, солености, общего взвешенного вещества, растворенного органического вещества, а также динамической активности общего взвешенного вещества в акватории бухты Круглой. Рассмотрены горизонтальные и вертикальные распределения этих характеристик. Измерения гидрофизических параметров проводились зондирующим комплексом «Кондор» с борта маломерного судна на заякоренных станциях. Анализ полученных распределений показал, что менее соленая и более мутная вода наблюдается в кутовой части бухты. Здесь отмечается самое высокое содержание взвешенных частиц и растворенного органического вещества. В вертикальном распределении по всей акватории бухты наблюдалась почти однородная стратификация гидрологических параметров и концентрации общего взвешенного вещества. В вертикальном распределении растворенного органического вещества как в августе, так и в ноябре наблюдалось увеличение его содержания под поверхностью воды, в слое ~ 1–5 м. Наиболее выражен этот слой был в ноябре. В августе 2019 г. в акватории бухты в поверхностном слое вод содержание общего взвешенного вещества в среднем было выше в два раза по сравнению с ноябрем того же года, а концентрация растворенного органического вещества была ниже.

Ключевые слова: антропогенное загрязнение, зондирующий комплекс «Кондор», общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество, температура, соленость.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ р_а № 18-45-920044, а также частично в рамках государственных заданий: ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ № 121041500203-3, ФГБУН ФИЦ МГИ № 0555-2021-0003.

Для цитирования: Гидрофизические исследования в бухте Круглой (Севастополь) / А. А. Латушкин [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 3. С. 107–122. doi:10.22449/2413-5577-2021-3-107-122

© Латушкин А. А., Чепыженко А. И., Празукин А. В.,
Чепыженко А. А., Фирсов Ю. К., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

Hydrophysical research in the Kruglaya Bay (Sevastopol)

A. A. Latushkin¹, A. I. Chepyzhenko¹, A. V. Prazukin^{2*},
A. A. Chepyzhenko¹, Yu. K. Firsov²

¹ Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia

² A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

* e-mail: prazukin@mail.ru

Submitted 30.06.2021; revised 12.08.2021; published 25.09.2021

On the basis of two hydrophysical surveys (August 28 and November 14, 2019), the spatial distribution was investigated of temperature, salinity, total suspended matter, dissolved organic matter features, and total suspended matter dynamic activity in the waters of the Kruglaya Bay. The horizontal and vertical distributions of these characteristics were considered. The hydrophysical parameters were measured from a small vessel at anchored stations using Kondor Sounding Complex. The analysis of obtained distributions showed that less saline and more turbid waters were observed in the apex of the bay. The highest content of suspended particles and dissolved organic matter were detected in this water area. An almost uniform stratification of hydrological parameters and total suspended matter concentration were observed in the vertical distribution over the entire water area of the bay. In the vertical dissolved organic matter distribution, an increase under the water surface layer of ~ 1–5 m was observed both in August and in November. This layer was more pronounced in November. The total suspended matter content in the surface water layer in August 2019 was on average twice as high as in November of the same year, and the dissolved organic matter concentration was lower.

Keywords: anthropogenic pollution, Kondor Sounding Complex, total suspended matter, dissolved organic matter, temperature, salinity.

Acknowledgments: the research was funded by the RFBR under project p_a no. 18-45-920044, and also partly under state tasks: IBSS no. 121041500203-3, МНИ no. 0555-2021-0003.

For citation: Latushkin, A.A., Chepyzhenko, A.I., Prazukin, A.V., Chepyzhenko, A.A. and Firsov, Yu.K., 2021. Hydrophysical Research in the Kruglaya Bay (Sevastopol). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (3), pp. 107–122. doi:10.22449/2413-5577-2021-3-107-122 (in Russian).

Введение

Мониторингу состояния окружающей среды уделяется большое внимание. Анализ накопленной информации о состоянии среды того или иного объекта за длительный период времени дает возможность оценивать его текущее состояние и делать определенный прогноз на перспективу.

Севастопольские бухты по орографии и динамическим характеристикам значительно отличаются друг от друга, что делает интересным исследование их как по отдельности, так и в сравнении друг с другом. Бухта Круглая, объект нашего исследования, входит в систему бухт Севастополя, образующих береговую линию северного побережья Гераклеяского п-ова, и располагается между Двойной и Стрелецкой бухтами. По своему очертанию она имеет форму близкую к кругу. Ее протяженность составляет 1.4 км; максимальная ширина 0.8 км; расстояние между входными мысами – 0.65 км;

площадь акватории – $\sim 0.64 \text{ км}^2$, а полный объем – 2.93 млн. м^3 ; глубина при входе – 17 м, а у вершины – 0.5–2 м [1–3]. В центре бухты – скалистая отмель с глубинами до 0.3 м [2], и эта особенность оказывает влияние на гидродинамический режим бухты в целом. Берега охвачены антропогенной деятельностью [4]. На западном берегу находится пляж «Омега», длина оборудованного пляжа составляет 780 м, основная часть пляжа состоит из природного морского и привозного речного песка [4]. На восточном берегу располагаются производственные мастерские и оборудованный яхт-клуб. Кутовая часть бухты мелководная, 0.5–2 м. На этом месте ранее находилось соленое озеро [5]. Эпизодически из этой части бухты изымается песок для пополнения пляжа [4], и в эту же часть бухты выведен аварийный сток канализационных вод и ливневой канализации [1]. С ливневыми стоками в бухту поступают поверхностно-активные соединения, металлы, биогенные и другие загрязняющие вещества [6]. Перечисленные обстоятельства негативно сказываются на экологической обстановке в бухте в целом [7–9].

На протяжении многих десятилетий в бухте проводятся гидробиологические [1–3, 10–23] и гидрохимические [1, 17, 24–27] исследования. Последние чаще осуществляются в рамках определенных гидробиологических задач [17], а поэтому не всегда могут отражать гидрохимическую обстановку всей акватории бухты. Гидрофизические исследования в бухте Круглой ранее не проводились.

Цель настоящей работы: исследовать особенности горизонтального и вертикального распределений полей температуры, солености, общего взвешенного вещества (ОВВ), растворенного органического вещества (РОВ) и динамической активности общего взвешенного вещества в бухте Круглой в различные сезоны года.

Методы и средства

Гидрологические параметры (температура T , соленость S), скорость и направление течений определялись с использованием зондирующего комплекса «Кондор» (URL: ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor) в акватории бухты Круглой с борта маломерного судна в зондирующем режиме по сеткам станций (рис. 1). Данные о концентрации ОВВ ($C_{\text{ОВВ}}$) и РОВ ($C_{\text{РОВ}}$) были получены при помощи мутномера и флюориметра, входящих в состав измерительного комплекса «Кондор». Калибровка мутномера проводилась по суспензии формазина, приготовленной согласно ГОСТ 29024-91 в единицах мутности (ЕМФ). Единицы калибровки (ЕМФ) пересчитывались в весовые единицы (мг/л) по соотношениям, рекомендованным ГОСТ 3351-74, USEPA, и корреляционным соотношениям прямым (гравиметрическим) методом для района севастопольских бухт.

РОВ оценивалось по хромофорному РОВ ($CDOM$, $fDOM$) флюориметрическим методом ($ex370/em460$), калибровалось в стандартном растворе сульфата хирина и традиционно представляется в единицах QSU . На основе полученных данных была рассчитана динамическая активность ОВВ, которая определялась как произведение измеренных на каждой отдельной станции скорости течения и концентрации ОВВ. Оценка динамической составляющей ОВВ в прибрежной зоне дает наиболее объективное представление об активных абразионных участках, а также участках поступления взвешенного

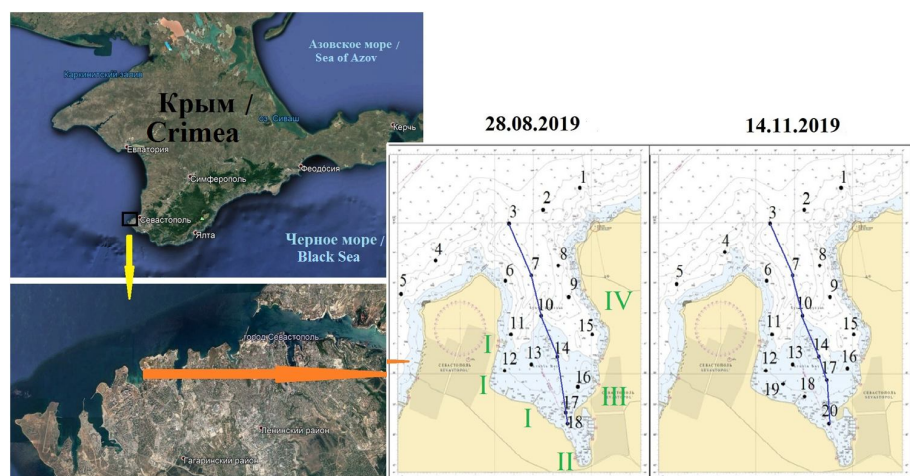


Рис. 1. Схемы расположения станций (1–20), выполненных в акватории б. Круглой 28 августа и 14 ноября 2019 г. Линией соединены станции осевого разреза. Физико-географические ориентиры: I – городской пляж «Омега»; II – аварийный сток канализационных вод и ливневой канализации; III – производственные мастерские; IV – оборудованный яхт-клуб

Fig. 1. Map of stations (1–20) in the Kruglaya Bay, where measurements were performed on 28 August and 14 November 2019. The line connects axial section stations. Physical and geographical landmarks: I – city beach “Omega”; II – emergency sewerage and storm drainage outfalls; III – workshops; IV – organized yacht club

вещества на акваторию. Метеообстановка определялась по данным Гидрометцентра (URL: pogoda.tourister.ru).

Погодные условия. В период проведения летней съемки (28 августа 2019 г.) в Севастополе наблюдалась ясная безоблачная погода, ветер северо-восточный со скоростью до 5 м/с. Температура воздуха днем достигала 28 °С, атмосферное давление – 764 мм рт. ст. Поздней осенью (14 ноября 2019 г.) температура воздуха во время проведения работ не превышала 15 °С. Так же, как и при летней съемке, стояла ясная погода со слабым (до 2 м/с) северо-западным ветром. Атмосферное давление 14 ноября составляло 760 мм рт. ст.

Результаты и обсуждение

В работе [28] по результатам проведенных экспедиций подробно описаны особенности циркуляции вод в бухте Круглой. Показано, что на динамику вод в бухте основное влияние оказывают ветер и орография самой бухты. В период летней съемки при воздействии на прилегающее к бухте взморье северо-восточного ветра в бухте наблюдалось вдольбереговое антициклональное течение со скоростью до 25 см/с. Осенью 2019 г. при северо-западном направлении ветра и восточном направлении течения воды на внешней границе бухты в самой бухте также преобладало антициклональное течение, но с меньшими скоростями (до 10 см/с). Возможно, отмечаемая устойчивость локальной циркуляции вод в бухте определяется особенностями рельефа дна. В центральной части бухты располагается обширный мелководный участок с густыми зарослями бурых водорослей [2, 20].

Горизонтальное распределение измеряемых параметров в поверхностном слое воды

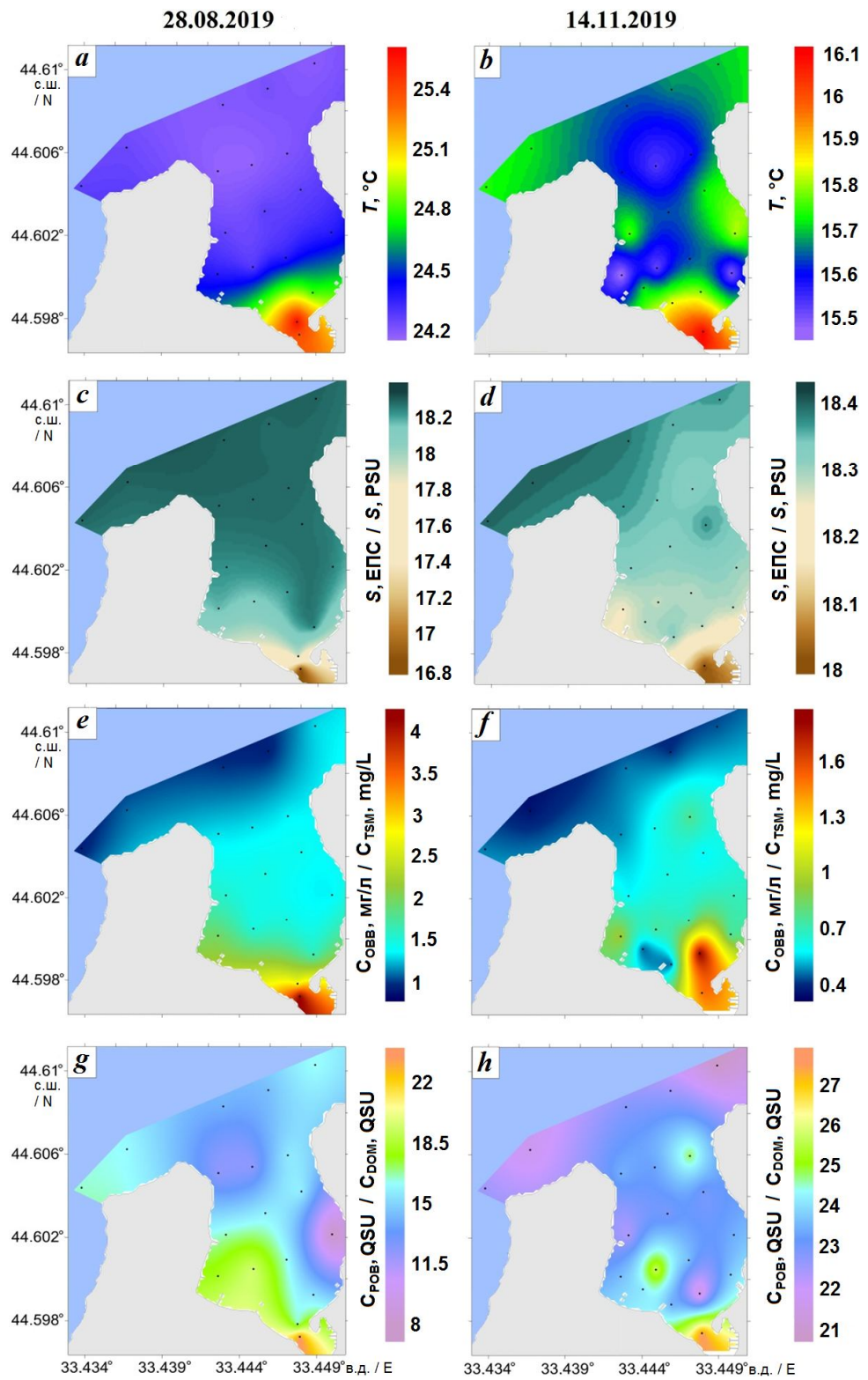
Горизонтальное распределение температуры. В период проведения летней съемки температура поверхностного слоя воды варьировала в пределах от 24 до 25.5 °С (рис. 2, *a*). Распределение температуры имело квазиоднородную структуру от внешней границы бухты и до ее середины (ст. 1–11). Начиная со средней части бухты, в направлении ее вершины наблюдалось монотонное увеличение температуры с максимальными значениями (25.5 °С) на ст. 17 и 18.

В период проведения осенней съемки поверхностная температура воды была в среднем на 8 °С ниже, чем в августе, изменялась в более узком диапазоне (от 15.5 до 16.2 °С (рис. 2, *b*)) и отличалась характером распределения по акватории бухты. По всей бухте за исключением ее кутовой части наблюдалось пятнистое распределение температуры, чередование областей с относительно небольшими значениями температуры (15.5 °С) и акваторий с более высокими их значениями (15.8 °С). Минимальные значения температуры были отмечены в районе самой широкой части бухты (ст. 12–14, 16), на выходе из бухты (ст. 6–8) и на осевой линии бухты (ст. 3, 7, 10) вплоть до внешнего траверза. Более высокие значения температуры (~15.7–15.8 °С) выявлены за пределами бухты на востоке (ст. 1, 2) и западе (ст. 4, 5), а также у восточного (ст. 9, 15) и западного (ст. 11) берегов центральной части бухты. Сходное с летней съемкой распределение температуры отмечено в кутовой части бухты, где также наблюдались максимальные значения (~16 °С).

Горизонтальное распределение солёности. В летний период изменчивость солёности в поверхностном слое воды колебалась в относительно широких пределах: 16.8–18.4 ЕПС (рис. 2, *c*). Горизонтальные распределения солёности и температуры по акватории бухты в этот период времени имели сходный характер. Как и в случае с температурой, распределение солёности имело квазиоднородную структуру. Повышенные значения солёности (~18.3–18.4 ЕПС) наблюдались на участке от внешней границы бухты и до ее середины (ст. 1–11), достигая кутовой части (ст. 16) вдоль восточного берега. Минимальная солёность (16.8 ЕПС) отмечена в самой вершине бухты (ст. 17, 18).

Осенью солёность в поверхностном слое воды характеризовалась заметно меньшей изменчивостью: 18–18.4 ЕПС (рис. 2, *d*). Структура горизонтального распределения солёности в поверхностном слое воды во всей акватории бухты в августе и в ноябре была практически одинаковой. Различия наблюдались только в кутовой части бухты: здесь в ноябре солёность была на 1 ЕПС выше по сравнению с августом того же года (16.8 ЕПС летом и 18 ЕПС осенью).

Горизонтальное распределение ОБВ. В августе в акватории б. Круглой отмечалось высокое содержание ОБВ. В поверхностном слое воды концентрация ОБВ колебалась в диапазоне от 0.9 до 4.2 мг/л, со средними значениями 1.7 мг/л (рис. 2, *e*). Самые низкие концентрации ОБВ (0.9 мг/л) отмечены за пределами бухты на ст. 2–5. На внешней станции 1 и на большей части акватории бухты содержание ОБВ колебалось в пределах 1.2–1.6 мг/л



Р и с . 2. Горизонтальное распределение в поверхностном слое на акватории б. Круглой: *a, b* – температуры (T , °C); *c, d* – солёности (S , ЕПС); *e, f* – концентрации ОБВ ($C_{\text{обв}}$, мг/л); *g, h* – концентрации РОВ ($C_{\text{ров}}$, QSU), – 28.08.2019 г. (слева) и 14.11.2019 г. (справа)

F i g . 2. Horizontal distribution in the surface layer in the Kruglaya Bay water area of: *a, b* – temperature (T , °C); *c, d* – salinity (S , PSU); *e, f* – total suspended matter (TSM) concentration (C_{tsm} , mg/L); *g, h* – dissolved organic matter (DOM) concentration (C_{dom} , QSU), – 28.08.2019 (left) and 14.11.2019 (right)

(ст. 6–11, ст. 13–15). Южнее ст. 14 наблюдалось увеличение содержания ОБВ по направлению к вершине бухты с максимумом 4.2 мг/л (ст. 18).

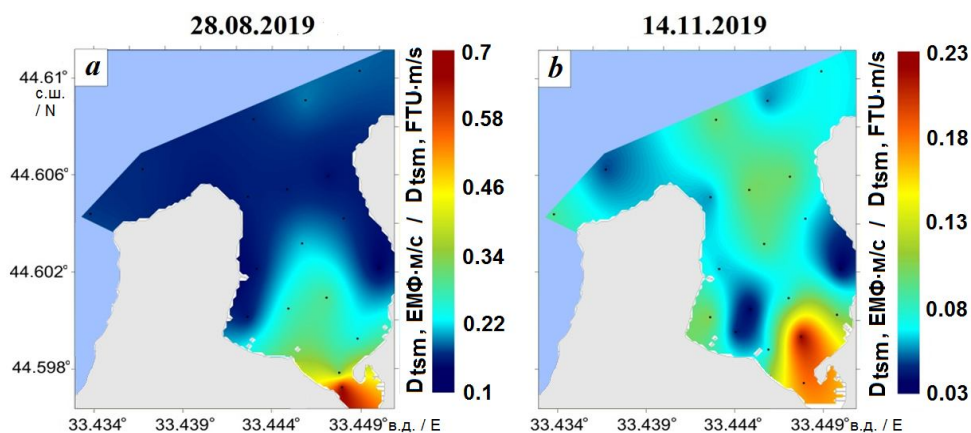
В ноябре средние значения концентрации ОБВ в акватории бухты и за ее пределами были существенно ниже, чем летом, и составляли 0.7 мг/л при диапазоне изменчивости от 0.3 до 1.9 мг/л (рис. 2, *f*). Минимальные концентрации наблюдались за пределами бухты на ст. 1–5, у западного побережья на ст. 6, 11, а также на ст. 18, расположенной на юго-западе самой широкой части бухты. Максимальная концентрация ОБВ (1.9 мг/л) отмечалась в юго-восточной кутовой части бухты.

Горизонтальное распределение РОВ. Содержание РОВ в поверхностном слое воды бухты в августе было относительно невысокое и варьировало в пределах 7.5–23 QSU (рис. 2, *g*). Минимальная концентрация РОВ отмечена у восточного побережья бухты в акватории, прилегающей к предприятию «Севастопольский авиационный завод» (ст. 15). Здесь концентрация РОВ составляла 7.5 QSU . Более высокие значения концентрации ~ 11 QSU наблюдались в западной и центральной частях у внешней границы бухты (ст. 6, 7) и за ее пределами (ст. 2, 3). Максимальные значения концентрации РОВ (до 23 QSU), как и в случае с другими измеряемыми параметрами, отмечались в кутовой части бухты.

В ноябре значения концентрации РОВ в поверхностном слое воды были значительно выше, чем в августе, и укладывались в диапазон от 21 до 27.6 QSU (рис. 2, *h*). Минимум содержания РОВ (21 QSU) наблюдался за пределами бухты на ст. 1, 4. В середине и на выходе из бухты концентрация РОВ колебалась в пределах 22–25 QSU , а в кутовой части достигала значения 27.6 QSU .

Уменьшение концентрации РОВ в августе может быть связано с тем, что высокое содержание в воде взвешенного вещества является мощным стимулирующим фактором для абсорбирования РОВ на частицах взвеси. В таких условиях происходит переход значительной части РОВ во взвешенное состояние. Вероятнее всего, в прибрежных районах Черного моря соотношение между содержанием взвешенного вещества и РОВ существенно ниже, чем в открытой его части. Таким образом, оценка концентрации РОВ в прибрежных районах не дает надежных результатов. Различие между концентрациями РОВ и ОБВ в августе и ноябре может быть также частично связано с разными типами источников поступления этих веществ на акваторию бухты.

Динамическая активность ОБВ. Наиболее интенсивной динамическая активность ОБВ в акватории б. Круглой была в августе (рис. 3, *a*). В горизонтальном поверхностном распределении летом максимальная активность ОБВ (0,7 ЕМФ·м/с) отмечалась в кутовой части бухты. Увеличение здесь



Р и с . 3 . Горизонтальное распределение в поверхностном слое на акватории б. Круглой динамической активности ОБВ (D_{tsm} , ЕМФ·м/с) 28.08.2019 г. (a), 14.11.2019 г. (b)

Fig. 3. Horizontal distribution of the TSM dynamic activity (D_{tsm} , FTU·m/s) in the surface layer of the Kruglaya Bay water area on 28.08.2019 (a), 14.11.2019 (b)

динамической активности можно объяснить наличием источника поступления ОБВ в акваторию бухты. Некоторое увеличение значений динамической активности (0,3 ЕМФ·м/с), обнаруженное и в районе мелководной центральной части бухты, может быть связано как с абразионными процессами, так и с интенсивной биологической деятельностью в растительных пологах, которые отмечаются здесь [2, 16, 17].

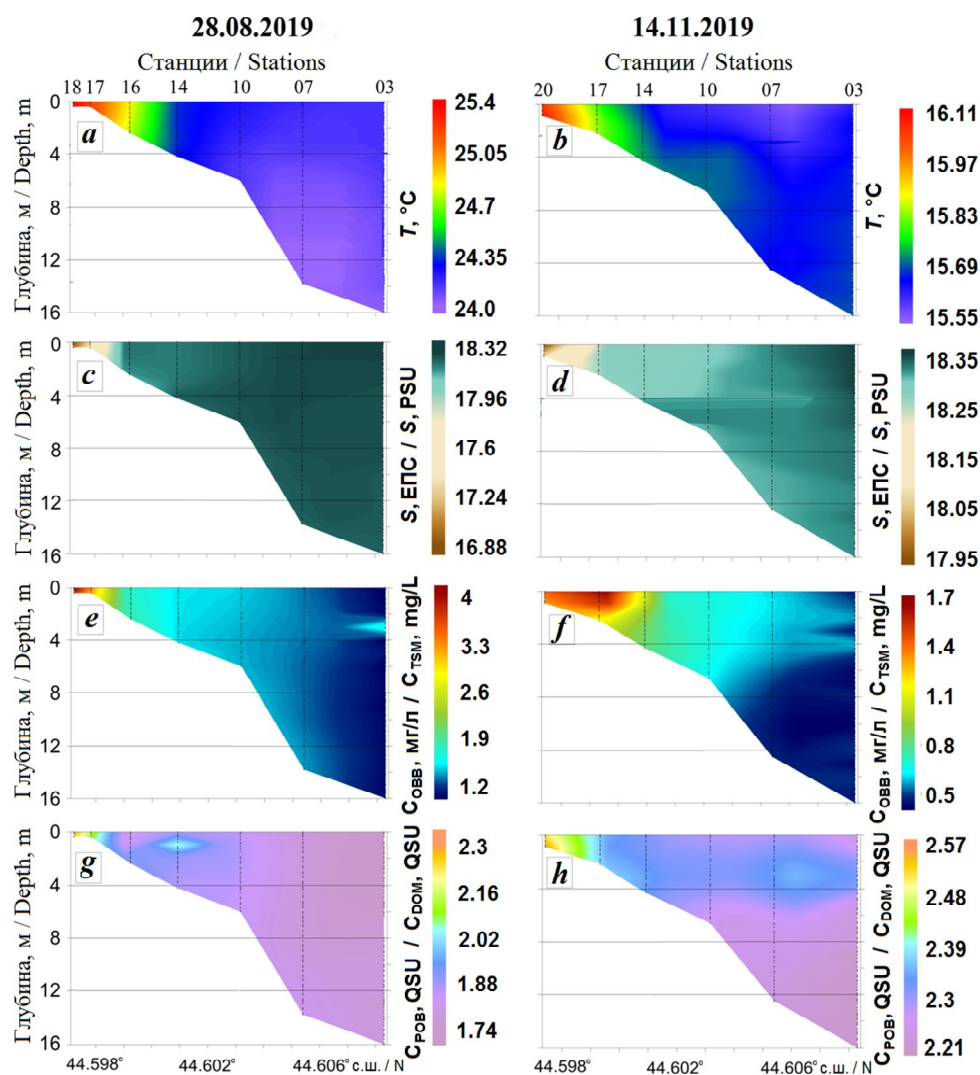
В ноябре динамическая активность ОБВ была в среднем в три раза слабее, чем в августе (рис. 3, b). При этом в горизонтальном распределении на поверхности так же, как и летом, максимальная динамическая активность ОБВ отмечалась в кутовой части бухты.

Вертикальное распределение значений измеряемых характеристик

Рассматриваются вертикальные распределения температуры, солености, концентрации ОБВ (C_{OBB}) и РОВ (C_{POB}) на осевых разрезах в акватории б. Круглой 28 августа 2019 г. (ст. 3, 7, 10, 14, 16–18) и 14 ноября этого же года (ст. 3, 7, 10, 14, 17, 20).

Вертикальное распределение значений температуры. В вертикальном распределении температуры в летний период на всех станциях разреза отмечалась квазиоднородная стратификация, поэтому, как и в случае с горизонтальным распределением, на разрезе наблюдается тенденция уменьшения температуры воды во всей толще по направлению от вершины бухты к взморью (рис. 4, a). При этом следует отметить, что на глубоководных станциях разреза наблюдается небольшой вертикальный градиент температуры (ΔT у поверхности и у дна не превышала 0.2 °C). В придонном слое на ст. 3, 7 отмечены минимальные значения температуры.

В осенний период вертикальная стратификация температуры была так же слабо выражена, как и летом, но минимальные значения температуры (15.5 °C) отмечались в поверхностном слое воды (рис. 4, b).



Р и с . 4. Вертикальное распределение на осевом разрезе в акватории б. Круглой: *a, b* – температуры (T , °C); *c, d* – солёности (S , ЕПС); *e, f* – концентрации ОВВ ($C_{\text{овв}}$, мг/л); *g, h* – концентрации РОВ ($C_{\text{ров}}$, QSU), – 28.08.2019 г. (слева) и 14.11.2019 г. (справа)

F i g . 4. Vertical distribution in the axial section of the Kruglaya Bay water area of: *a, b* – temperature (T , °C); *c, d* – salinity (S , PSU); *e, f* – TSM concentration (C_{tsm} , mg/L); *g, h* – DOM concentration (C_{dom} , QSU), – 28.08.2019 (left) and 14.11.2019 (right)

Вертикальное распределение значений солёности. Вертикальное распределение солёности на разрезе, аналогично распределению температуры, было однородным по глубине (рис. 4, *c, d*). В летний и в осенний периоды максимальная солёность (18.36 ЕПС) выявлена в поверхностном слое воды в мористой части бухты.

Вертикальное распределение общего взвешенного вещества. Вертикальное распределение ОВВ в летний период на осевом разрезе характеризовалось его однородной стратификацией в бухте (рис. 4, *e*). Почти на всех станциях поверхностная концентрация ОВВ прослеживалась на всех глубинах до дна. По мере удаления от вершины бухты концентрация ОВВ уменьшалась, и на самой удаленной станции разреза (ст. 3) регистрировались самые низкие концентрации. Похожая картина вертикального распределения ОВВ наблюдалась и осенью, но в этот период регистрировались более высокие значения его концентрации, чем летом. За пределами бухты вертикальное распределение ОВВ имело слабо выраженную слоистую структуру. В августе 2019 г. на ст. 3 в слое глубин 3–4 м отмечался максимум концентрации ОВВ, а в ноябре – два пика концентрации ОВВ на глубинах 2 и 4 м. Эти максимумы связаны с слабыми плотностными градиентами.

Вертикальное распределение РОВ. В вертикальном распределении РОВ наблюдалась явно выраженная неоднородность (рис. 4, *g, h*), которая заметно отличала его от распределений других выше описанных характеристик.

На осевом разрезе, выполненном летом (рис. 4, *g*) на ст. 14, в самой широкой части бухты, на глубине 1 м обнаруживался максимум залегания РОВ (~ 20 *QSU*). На остальных станциях разреза вертикальное распределение было почти однородное.

Осенью (рис. 4, *h*) на всем разрезе, за исключением мелководных кутовых станций (ст. 17, 20), отмечалась полоса протяженностью по вертикали ~ 4.5 м с более высоким содержанием РОВ. Его максимальные значения изменялись в пределах от 25 до 26.7 *QSU* на глубине ~ 2.5 м. Ниже этой глубины залегания были выявлены самые низкие значения концентрации РОВ (21.7 *QSU*).

Заключение

Время проведения гидрофизических исследований в летний период совпало со временем максимального прогрева, а в осенний – с периодом интенсивного выхолаживания вод северной части Черного моря. В вертикальном распределении по всей акватории бухты наблюдалась почти однородная стратификация гидрологических параметров и концентрации ОВВ. В вертикальном распределении концентрации РОВ как в августе, так и в ноябре наблюдалось ее увеличение под поверхностью, в слое глубин ~ 1–5 м. Наиболее выражен этот слой был в ноябре.

В горизонтальном распределении максимальные значения концентраций ОВВ и РОВ отмечались, по результатам обоих съемок, в кутовой части б. Круглой, в области наиболее теплых и распресненных вод.

В августе 2019 г. в акватории бухты содержание ОВВ в поверхностном слое воды в среднем было в два раза выше по сравнению с ноябрем того же года. Увеличение содержания взвеси в летнее время, вероятно, вызвано более интенсивным привнесением в бухту мутных вод с водосбора, что согласуется и с наличием более опресненных вод в этот период времени. Интенсивная динамика вод, наблюдаемая в августе, способствовала активному переносу этих мутных вод по акватории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья / Е. А. Куфтаркова [и др.] // Труды ЮгНИРО. Керчь : ЮгНИРО, 2008. Т. 46. С. 110–111.
2. Ковардаков С. А., Празукин А. В. Структурно–функциональные характеристики донного фитоценоза бухты Круглой (Севастополь) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. № 7. С. 138–148.
3. Алёмов С. В., Витер Т. В., Гусева Е. В. Многолетние изменения состояния сообществ макрозообентоса бухты Круглая (регион Севастополя) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 2. С. 59–66. doi:10.22449/2413-5577-2019-2-59-66
4. Удовик В. Ф., Харитонова Л. В., Горячкин, Ю. Н. Мониторинг состояния городских пляжей Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. № 4. С. 86–94.
5. Дагаева В. А. Наблюдения над жизнью Солёного озера Круглой бухты у Севастополя // Известия АН СССР. VI серия. 1927. Т. 21, № 7. С. 1319–1346.
6. Состояние окружающей природной среды в городе Севастополе за 2002 год / Ред. В. М. Артёменко. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 91 с. (Препринт).
7. Миронов О. Г. Состав органической компоненты ливневых стоков в районе г. Севастополя // Оценка расположенных на суше источников загрязнения морей, омывающих государства СНГ. 1992. Т. 1. С. 48–49.
8. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 185 с. URL: <https://repository.marine-research.org/handle/299011/1466> (дата обращения: 16.08.2021).
9. Беляева О. И. Проблема нефтяного загрязнения ливневых стоков в морской береговой зоне Севастопольской бухты // Ученые записки ТНУ им. В. И. Вернадского. 2004. Т. 17, № 4. С. 105–112.
10. Рубцова С. И. Гетеротрофные бактерии – показатели загрязнения и самоочищения морской среды // Экология моря. 2002. Вып. 62. С. 81–85.
11. Климова Т. Н. Долговременные изменения летнего ихтиопланктона в районе бухты Круглая (Севастополь, Черное море) // Морской экологический журнал. 2006. Т. 5, № 2. С. 33–45.
12. Бурдиян Н. В. Сульфатредуцирующая группа бактерий в прибрежных наносах бухты Круглой (Севастополь, Чёрное море) // Экология моря. 2007. Т. 74. С. 10–12.
13. Ревков Н. К., Бондаренко Л. В., Гринцов В. А. Структура таксоцены Malacostraca акватории бухты Круглой (юго-западный Крым, Чёрное море) // Экология моря. 2008. Вып. 75. С. 71–76.
14. Ковардаков С. А., Празукин А. В., Фирсов Ю. К. Сравнение многолетних изменений структурных и функциональных состояний прибрежных черноморских фитоценозов с различной антропогенной нагрузкой // Системы контроля окружающей среды. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. Вып. 12. С. 377–384.
15. Копий В. Г. Макрозообентос в прибрежной зоне бухт Севастополя (крымское побережье Чёрного моря) // Морской экологический журнал. 2011. Отд. вып. 2. С. 43–48.
16. Ковардаков С. А., Празукин А. В. Весенние запасы и самоочистительный потенциал макрофитобентоса бухты Круглой (г. Севастополь) // Системы контроля окружающей среды. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. Вып. 15. С. 283–287.

17. Современное экологическое состояние б. Круглой (г. Севастополь) / С. А. Ковардаков [и др.] // Системы контроля окружающей среды. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. Вып. 17. С. 177–183.
18. Соловьева О. В., Тихонова Е. А. Естественный биофильтр гидротехнических сооружений в условиях рекреационной акватории (бухта Круглая, Черное море) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4. С. 76–82.
19. Гиразосов В. Е., Бескаравайный М. М. Сезонная динамика гидрофильного орнитокомплекса бухты Круглая (Севастополь, Чёрное море) // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1, № 4. С. 12–21. doi:10.21072/mbj.2016.01.4.02
20. Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Новиков Б. А. Картографирование донной растительности бухты Круглая (г. Севастополь, Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 3. С. 61–71. doi:10.22449/2413-5577-2019-3-61-71
21. Панкеева Т. В., Миронова Н. В., Пархоменко А. В. Донные природные комплексы бухты Круглой (Черное море, г. Севастополь) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 2. С. 89–100.
22. Павлова Е. В., Мельникова Е. Б. Годовые колебания количественных показателей зоопланктона в прибрежье у Севастополя (1998–2003) // Морской экологический журнал. 2006. Т. 5, № 2. С. 63–73.
23. Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Пространственное распределение запасов макрофитов в бухте Круглой (Черное море) // Экосистемы. 2019. Т. 19. С. 16–26.
24. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона / Е. И. Овсяный [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. Вып. 2. С. 138–152.
25. Беляева О. И. Уровни загрязнения ливневого стока, поступающего в бухты Севастополя (Чёрное море) // Экология моря. 2007. Т. 73. С. 21–23.
26. Диагноз качества вод Черного моря в районе г. Севастополя / В. И. Губанов [и др.] // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона: Материалы III Международной конференции, 10–11 октября 2007 г. Керчь : Изд-во ЮгНИРО, 2008. С. 90–97. URL: <http://hdl.handle.net/1834/9479> (дата обращения: 16.08.2021).
27. Тихонова Е. А. Многолетняя динамика загрязнения органическими веществами донных осадков бухты Круглая (Севастополь, Чёрное море) // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1, № 1. С. 70–75. <https://doi.org/10.21072/mbj.2016.01.1.07>
28. Ломакин П. Д., Чепыженко А. И. Исследование и контроль циркуляции вод и структуры термохалинного поля в бухте Омега (Крым) в летне-осенний период 2019 года // Системы контроля окружающей среды. 2020. Вып. 3(41). С. 15–22. doi:10.33075/2220-5861-2020-3-15-22

Об авторах:

Латушкин Александр Александрович – младший научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **ORCID ID: 0000-0002-3412-7339**, **ResearcherID: U-8871-2019**, **SPIN-код: 1239-2858**, sevsalat@gmail.com

Чепыженко Алексей Ильич – старший научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), кандидат технических наук, **ResearcherID: AAG-7929-2020**, **Scopus Author ID: 6504344211**, **IstinaResearcherID (IRID): 6647872**, ecodevice@yandex.ru

Празукин Александр Васильевич – ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, 2), доктор биологических наук, доцент, **ORCID ID: 0000-0001-9766-6041**, **ResearcherID: AAN-8095-2020**, **SPIN-код: 8833-6171**, *prazukin@mail.ru*

Чепыженко Анна Алексеевна – младший научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **SPIN-код: 4231-8711**, *annachep87@yandex.ru*

Фирсов Юрий Константинович, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0003-0961-7579**, **ResearcherID: R-4865-2016**, **SPIN-код: 8833-6272**, *yurfir@mail.ru*

Заявленный вклад авторов:

Латушкин Александр Александрович – проведение экспедиционных работ; обработка исходных данных; представление основного графического материала; написание основного текста статьи и его редактирование

Чепыженко Алексей Ильич – подготовка измерительного комплекса; проведение наблюдений за течениями, температурой, соленостью, концентрацией ОВВ и РОВ; обработка исходных данных; представление основного графического материала

Празукин Александр Васильевич – общее научное руководство исследованием; формулировка целей и задач исследования; проведение экспедиционных работ; написание основного текста статьи и его редактирование

Чепыженко Анна Алексеевна – обработка исходных данных; редактирование текста статьи

Фирсов Юрий Константинович – проведение экспедиционных работ; редактирование текста статьи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Kuftarkova, E.A., Rodionova, N.Yu., Goubanov, V.I. and Bobko, N.I., 2008. Hydrochemical Characteristics of Several Bays of Sevastopol Coast. In: *YugNIRO, 2008. Trudy YUGNIRO = YugNIRO Proceedings*. Kerch: YugNIRO Publishers. Vol. 46, pp. 110–111 (in Russian).
2. Kovardakov, S.A. and Prazukin, A.V., 2012. Structural and Functional Characteristics of the Bottom Seaweeds Community in Kruglaya Bay (Sevastopol). *Optimization and Protection of Ecosystems*, (7), pp. 138–148 (in Russian).
3. Alyomov, S.V., Viter, T.V. and Guseva, E.V., 2019. Long-Term Changes of the State of Macrozoobenthos Communities in the Kruglaya Bay (Sevastopol). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 59–66. doi:10.22449/2413-5577-2019-2-59-66 (in Russian).
4. Udovik, V.F., Kharitonova, L.V. and Goryachkin, Yu.N., 2017. Monitoring of the Urban Beaches of Sevastopol. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (4), pp. 86–94 (in Russian).
5. Dagaeva, V., 1927. Observations sur la Vie du Lac Salé de la Baie “Krouglai Boukhta” près Sevastopol. *Bulletin de l'Académie des Sciences de l'URSS. VI série*, 21(7), pp. 1319–1346 (in Russian).

6. Artemenko, V.M., ed., 2003. [*State of the Environment in the City of Sevastopol for 2002*]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika, 91 p. (in Russian).
7. Mironov, O.G., 1992. Composition of Downpour Flows Organic Component in the Region of Sevastopol. In: ACOPS, 1992. *Assessment of Land-Based Sources of Marine Pollution in the Seas Adjacent to the CIS*. Sevastopol. Vol. 1, pp. 48–49.
8. Mironov, O.G., Kirjukhina, L.N. and Alyomov, S.V., 2003. *Sanitary-Biological Aspects of the Sevastopol Bays Ecology in XX Century*. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika, 185 p. (in Russian).
9. Belayeva, O.I., 2004. The Problem of the Oil Pollution of the Storm Run off on the Coast of Sevastopol Bay. *Uchenye Zapiski TNU. Series: Geography*, 17(4), pp. 105–112 (in Russian).
10. Rubtsova, S.I., 2002. Heterotrophic Bacteria as Measures of Pollution and Self-Cleaning of Sea Environment. *Ecology of the Sea*, 62, pp. 81–85 (in Russian).
11. Klimova, T.N., 2006. Long-Term Changes of Summer Ichthyoplankton in the Kruglaya Bay (Sevastopol, the Black Sea). *Marine Ecological Journal*, 5(2), pp. 33–45 (in Russian).
12. Burdiyan, N.V., 2007. The Sulphatreducing Groups Bacteria in Littoral Deposits from Kruglaya Bay (Sevastopol, Black Sea). *Ecology of the Sea*, 74, pp. 10–12 (in Russian).
13. Revkov, N.K., Bondarenko, L.V. and Grintsov, V.A., 2008. The Structure of Malacostraca Taxocene at Kruglaya Bay (South-Western Crimea, Black Sea). *Ecology of the Sea*, 75, pp. 71–76 (in Russian).
14. Kovardakov, S.A., Prazukin, A.V. and Firsov, Yu.K., 2009. [Comparison of Long-Term Changes in the Structural and Functional States of Coastal Black Sea Phyto-cenoses with Various Anthropogenic Loads]. In: MHI, 2009. *Monitoring Systems of Environment*. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 12, pp. 377–384 (in Russian).
15. Kopii, V.G., 2011. Macrozoobenthos in the Coastal Zone of Sevastopol Bays (Crimean Black Sea Near-Shore). *Marine Ecological Journal*, (2), pp. 43–48 (in Russian).
16. Kovardakov, S.A. and Prazukin, A.V., 2011. [Spring Stocks and Self-Cleaning Potential of Macrophytobenthos of Kruglaya Bay (Sevastopol)]. In: MHI, 2011. *Monitoring Systems of Environment*. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Issue 15, pp. 283–287 (in Russian).
17. Kovardakov, S.A., Prazukin, A.V., Kholodov, V.V. and Rodionova, N.Yu., 2012. [Current Ecological State b. Round (Sevastopol)]. In: MHI, 2011. *Monitoring Systems of Environment*. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Issue 17, pp. 177–183 (in Russian).
18. Solovyeva, O.V. and Tikhonova, E.A., 2015. Natural Biofilter of the Hydraulic Structures in the Recreational Areas (Kruglaya Bay, the Black Sea). *Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre*, (4), pp. 76–82 (in Russian).
19. Giragosov, V.E. and Beskaravayny, M.M., 2016. Seasonal Dynamics of the Hydrophilic Bird Community of Kruglaya Bay (Sevastopol, the Black Sea). *Marine Biological Journal*, 1(4), pp. 12–21. doi:10.21072/mbj.2016.01.4.02 (in Russian).
20. Pankeeva, T.V., Mironova, N.V. and Novikov, B.A., 2019. Mapping of Bottom Vegetation of Kruglaya Bay (the Black Sea, Sevastopol). *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (3), pp. 61–71. doi:10.22449/2413-5577-2019-3-61-71 (in Russian).

21. Pankeeva, T.V., Mironova, N.V. and Parkhomenko, A.V., 2019. Bottom Natural Complexes of Kruglaya Bay (Black Sea, Sevastopol). *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 5(2), pp. 89–100 (in Russian).
22. Pavlova, E.V. and Melnikova, E.B., 2006. Annual Fluctuations of Zooplankton Quantity Indicators near Sevastopol (1998 – 2003). *Marine Ecological Journal*, 5(2), pp. 63–73 (in Russian).
23. Mironova, N.V. and Pankeeva, T.V., 2019. The Spatial Distribution of Stock of Macrophytes in Kruglaya Bay (the Black Sea). *Ekosistemy*, 19, pp. 16–26 (in Russian).
24. Ovsyany, E.I., Romanov, A.S., Min'kovskaya, R.Ya., Krasnovid, I.I., Ozyumenko, B.A. and Zymbal, I.M., 2001. The Most Important Sources of Pollution for the Marine Environment of the Coastal Zone of Sevastopol. In: MHI, 2001. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 2, pp. 138–152 (in Russian).
25. Belayeva, O.I., 2007. Pollution Level of the Storm Water Sewer Incoming into Sevastopol Bays (Black Sea). *Ecology of the Sea*, 73, pp. 21–23 (in Russian).
26. Gubanov, V.I., Kuftarkova, E.A., Kovrigina, N.P. and Rodionova, N.Yu., 2008. [Diagnosis of the Black Sea Water Quality in the Area of Sevastopol]. In: B. V. Panov, ed., 2008. *Current Problems of the Azov-Black Sea Region Ecology. Materials of III International Conference, 10-11 October 2007*. Kerch: Izd-vo YugNIRO, pp. 90–97 (in Russian).
27. Tikhonova, E.A., 2016. The Long-Term Dynamics of the Sea Bottom Sediments Pollution of the Kruglaya Bay (Black Sea). *Marine Biological Journal*, 1(1), pp. 70–75. <https://doi.org/10.21072/mbj.2016.01.1.07> (in Russian).
28. Lomakin, P.D. and Chepyzhenko, A.I., 2020. Research and Control of Water Circulation and Structures of the Thermohaline Field in Omega Bay (Crimea) in the Summer-Autumn Period 2019. *Monitoring Systems of Environment*, (3), pp. 15–22. doi:10.33075/2220-5861-2020-3-15-22 (in Russian).

About the authors:

Alexander A. Latushkin – Junior Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), **ORCID ID: 0000-0002-3412-7339**, **ResearcherID: U-8871-2019**, **SPIN-code: 1239-2858**, sevsalat@gmail.com

Alexey I. Chepyzhenko – Senior Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Tech.), **ResearcherID: AAG-7929-2020**, **Scopus Author ID: 6504344211**, **IstinaResearcherID (IRID): 6647872**, ecodevice@yandex.ru

Alexander V. Prazukin – Leading Research Associate, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimov Av., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Dr.Sci. (Biol.), Associate Professor, **ORCID ID: 0000-0001-9766-6041**, **ResearcherID: AAN-8095-2020**, **SPIN-code: 8833-6171**, prazukin@mail.ru

Anna A. Chepyzhenko – Junior Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), **SPIN-code: 4231-8711**, annachep87@yandex.ru

Yuri K. Firsov – Senior Research Associate, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimov Av., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Biol.), **ORCID ID: 0000-0003-0961-7579**, **ResearcherID: R-4865-2016**, **SPIN code: 8833-6272**, yurfir@mail.ru

Contribution of the authors:

Alexander A. Latushkin – performance of expeditionary work; initial data processing; presentation of the main graphic material; writing the main text of the article and editing it

Alexey I. Chepyzhenko – preparation of the measuring complex; observation of currents, temperature, salinity, concentration of TSM and DOM; initial data processing; presentation of the main graphic material

Alexander V. Prazukin – general scientific supervision of the research; formulation of the study goals and objectives; expeditionary work; writing the main text of the article and its editing

Anna A. Chepyzhenko – initial data processing; editing of the article text

Yuri K. Firsov – performance of expeditionary work; editing of the article text

All the authors have read and approved the final manuscript.