

А.А.Латушкин¹, А.А.Чепыженко¹,
А.В.Празукин², Ю.К.Фирсов²

¹Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь

²Институт морских биологических исследований РАН
им. А.О.Ковалевского, г.Севастополь

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, СОЛЕННОСТИ, ОБЩЕГО ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА И РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БУХТЕ КАЗАЧЬЯ (Г.СЕВАСТОПОЛЬ)

На основе комплексной гидрофизической съемки, выполненной 14 октября 2018 г., исследована структура полей температуры, солёности, общего взвешенного вещества (ОВВ) и растворенного органического вещества (РОВ) в бухте Казачья. Рассмотрены горизонтальные и вертикальные распределения названных характеристик. Показано, что поверхностная температура и солёность в бухте в период проведения исследований изменялись в узких диапазонах, а в придонном слое значения этих характеристик варьировались в широких пределах. Горизонтальное распределение ОВВ имело неоднородную структуру. В поверхностном слое было обнаружено шесть «пятен», отличающихся высокой концентрацией. В центральной части бухты «пятна» проявлялись только в верхнем слое, а в кутовой части они распространялись по всей глубине. В горизонтальном распределении концентраций РОВ была выявлена область с максимальными значениями в северо-западной части бухты. Несмотря на существование локальных источников поступления ОВВ и РОВ в исследуемую акваторию, Казачья бухта в настоящее время остается одной из наиболее чистых бухт Севастополя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество, температура, солёность, антропогенное загрязнение, бухта Казачья*

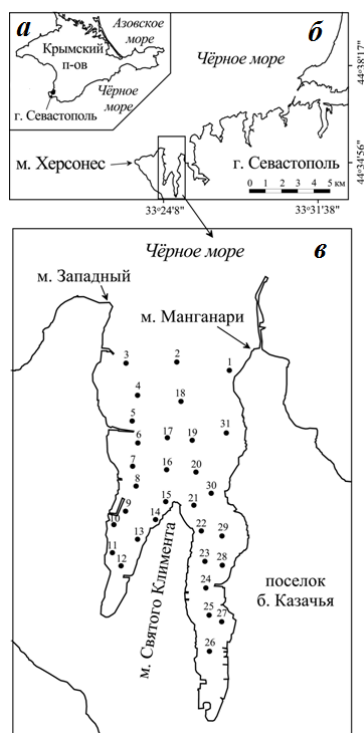
doi: 10.22449/2413-5577-2019-1-54-61

Сплошная застройка прибрежной полосы в границах г.Севастополя и возрастающая здесь рекреационная активность приводят к увеличению антропогенного воздействия на прибрежные акватории города. Наибольшая нагрузка приходится на его бухты, что проявляется в изменении прибрежных фитоценозов [1 – 4]. Бухта Казачья является самой большой за пределами внутреннего рейда Севастопольской бухты и характеризуется отсутствием порта и относительно спокойным судоходством, что привлекает большое количество отдыхающих в летнее время года. В бухте имеются береговые источники поступления загрязняющих веществ, в основном связанные с деятельностью поселка бухта Казачья, дельфинария и нефтехранилища [4 – 6]. К факторам, влияющим на экологическое состояние бухты, также относятся загрязняющие вещества, поступающие в бухту с внешнего рейда [7]. В последние годы идет интенсивная застройка мыса Святого Климента, в результате чего антропогенная нагрузка на акваторию увеличивается.

В Казачьей бухте не проводятся регулярные гидрофизические наблюде-

© А.А.Латушкин, А.А.Чепыженко, А.В.Празукин, Ю.К.Фирсов, 2019

Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. вып.1. С.54-61.



Р и с . 1 . Схема расположения станций в акватории бухты Казачья (г. Севастополь, Черное море).

ния, последняя подробная съемка состояния полей распределения общего взвешенного вещества (ОВВ) и растворенного органического вещества (РОВ) осуществлялась 15 лет назад в августе 2003 г. [4].

Цель настоящей работы: на основе данных оперативных комплексных гидрофизических наблюдений исследовать структуру полей температуры, солёности, общего взвешенного вещества и растворенного органического вещества в бухте Казачья.

Объект и методы исследований. Географическое положение бухты. Бухта Казачья располагается в юго-западной части Крымского п-ова (рис.1, а) и принадлежит к системе севастопольских бухт (рис.1, б). С востока она ограничена небольшим полуостровом с м. Манганари (44°35'17" с.ш., 33°25'02" в.д.), а с запада Херсонесским с м. Западным (44°35'28" с.ш.,

33°24'15" в.д.) (рис.1, в). С севера бухта открыта в море, а её южная часть разделена м. Святого Климента (44°34'41" с.ш., 34°24'37" в.д.) на два «рукава»: западный и восточный. Расстояние от вершины восточного «рукава» до м. Манганари составляет около 2,8 км, а расстояние от вершины западного «рукава» до м. Западным немного меньше, около 2,4 км. Более подробное физико-географическое описание бухты представлено в [7].

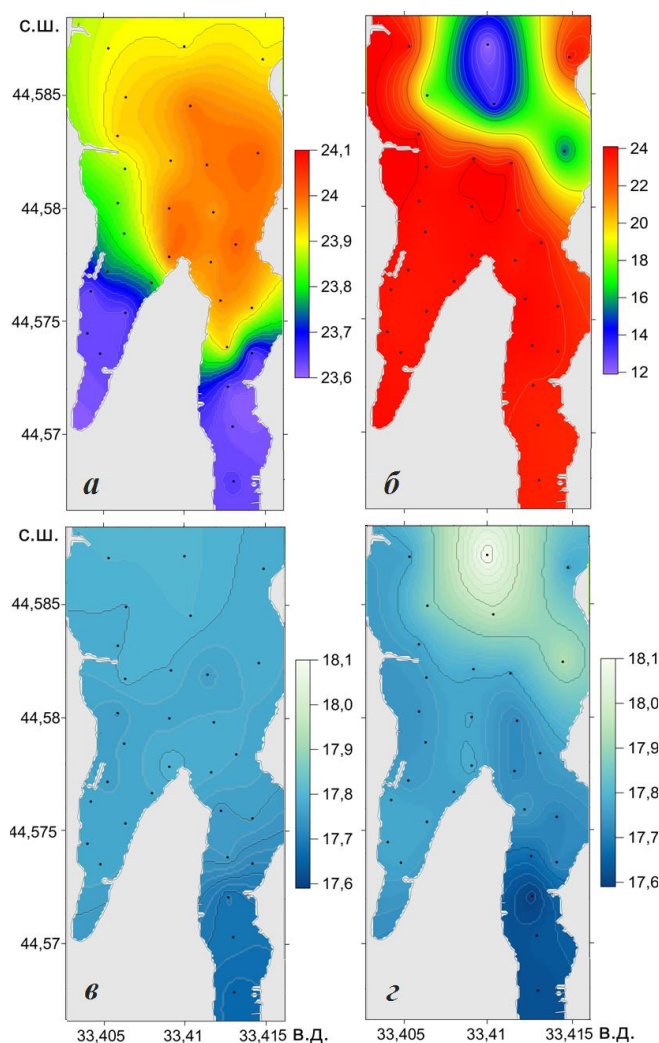
Измеряемые характеристики. Определение температуры (T), солёности (S) в воде в акватории бухты Казачья проводилось 18 октября 2018 г. с помощью прибора «Кондор» с борта маломерного судна в зондирующем режиме по сетке станций (рис.1, в). Для определения концентраций общего взвешенного вещества ($C_{\text{ОВВ}}$) и растворенного органического вещества ($C_{\text{РОВ}}$) применялись спектральный измеритель показателя ослабления направленного света (прозрачномер) на 660 нм и флюориметрический измеритель концентрации растворенного органического вещества (fDOM), также включенные в состав измерительного комплекса «Кондор» (основные характеристики прибора представлены в табл.1). Во время выполнения измерений преобладал слабый ветер 1 – 2 м/с северо-восточного направления. После соответствующих измерений строились пространственные распределения по каждому из параметров для последующего анализа. Величины концентраций РОВ и ОВВ сопоставлялись с их значениями, характерными для открытых вод Черного моря [8, 9], и рассматривались в качестве показателей уровня антропогенного загрязнения в акватории бухты.

Основные результаты. Горизонтальное распределение значений измеряемых характеристик. Температура. В период проведения исследовательской поверхностная температура воды во всей бухте варьировалась в узком

Т а б л и ц а 1. Основные технические характеристики прибора «Кондор».

измеряемые характеристики	размерность	диапазон измерений	цена единицы наименьшего разряда, не более
глубина	м	0 – 100	0,1
температура	°С	-2 – +32	0,001
электропроводность	мСим/см	0 – 69	0,0105
$C_{\text{ров}}$	мг/л	0,1 – 10	0,05
мутность	ЕМФ	0,1 – 20	0,05

диапазоне – от 23,6 до 24,1 °С (рис.2, а). Минимальные значения температуры отмечались в южной мелководной части бухты, в её обоих «рукавах», а максимальные – в центральной части со смещением к восточному побережью. В то же время вдоль всего западного побережья прослеживалась область относительно низких температур (23,88 °С). Важно отметить, что на



выходе из «рукавов» на небольшом отрезке расстояний наблюдалось быстрое увеличение температуры, на 0,32 °С. Причём в восточном «рукаве» это было выражено более отчетливо, и здесь температурный фронт со значениями 23,92 °С спускался значительно южнее, чем это наблюдалось в западном. На выходе из бухты отмечалось снижение температуры.

В придонном слое распределение температуры во многом определялось особенностями рельефа дна, т.е. глубиной, и варьировалось в широком диапазоне значений 12 – 24 °С (рис.2, б). На са-

Р и с . 2 . Горизонтальные распределения температуры (а, б) и солёности (в, з) в поверхностном (а, в) и придонном (б, з) слоях.

мых глубоководных станциях (ст.2, 18 и 31) она достигала минимальной величины (12 °С). Тогда как на большей части придонного пространства бухты (вся южная половина бухты, большая часть её центральной акватории и мелководные участки у западного берега) температура поддерживалась в диапазоне 23 – 24 °С.

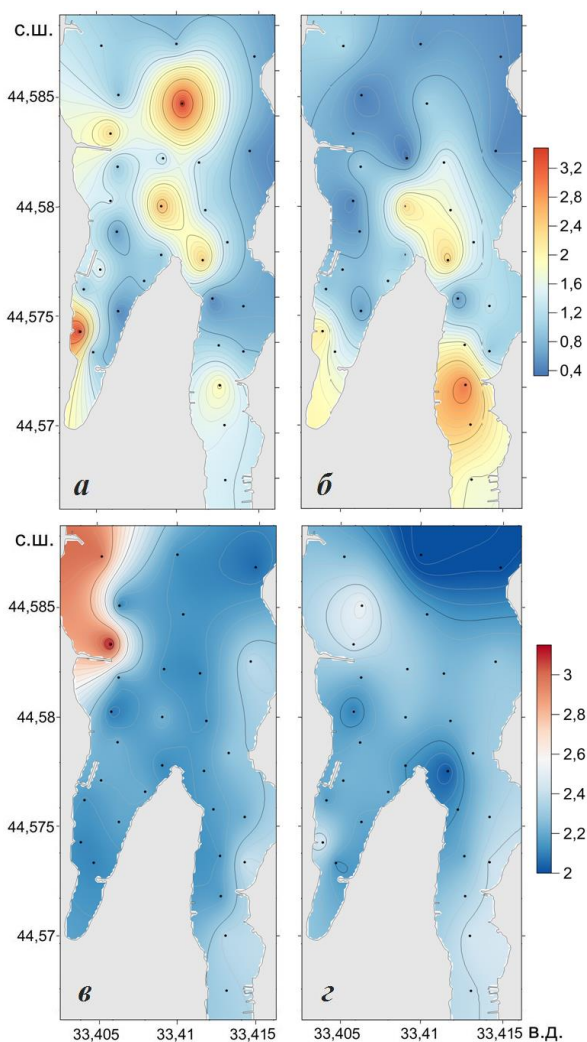
Соленость. Поле солености в поверхностном слое воды в преобладающей части бухты характеризовалось небольшой изменчивостью (17,69 – 17,81 ‰, рис.2, в). Минимальная соленость наблюдалась на большей части акватории западного «рукава» (17,69 ‰), а максимальная (17,81 ‰) – на нешироком фронте вблизи западного берега на выходе из бухты.

В придонном слое, как и в поверхностном, минимальные значения солености отмечались в западном «рукаве», где опускались до 17,62 ‰ (рис.2, г). Высокие значения (18 – 18,2 ‰) располагались в придонном слое в области минимальных температур (ст. 2, 18, 31). На остальной, преобладающей, части полигона в придонном слое соленость сохранялась в пределах 17,78 – 17,81 ‰.

Общее взвешенное вещество. В распределении значений концентраций

ОВВ в верхнем слое воды наблюдалась четко выраженная пятнистость (рис.3 а). При фоновых концентрациях (0,6 – 1,2 мг/л) на поверхности выделялось шесть «пятен» разного размера с повышенной концентрацией ОВВ (1,6 – 3,4 мг/л). Большое по площади «пятно» располагалось в центральной части бухты (ст.18, $C_{\text{ОВВ}} = 3,4$ мг/л). Восточнее от него, вблизи берега обнаруживалось «пятно» с менее низкими значениями концентраций ОВВ (1,8 – 2 мг/л). Примерно такие же значения (1,6 – 2,4 мг/л) наблюдались и вблизи м.Святого Климента, это два переходящих друг в друга «пятна». Высокие значения $C_{\text{ОВВ}}$ регистрировались и в западном «рукаве» (1,6 – 3 мг/л), пятно вытянуто и прижато к за-

Р и с . 3 . Горизонтальные распределения: $C_{\text{ОВВ}}$ в поверхностном (а) и придонном (б) слоях; $C_{\text{РОВ}}$ в поверхностном (в) и придонном (г) слоях.



падному берегу. В восточном «рукаве» пятно характеризовалось более низкими значениями концентраций (1,6 – 1,8 мг/л).

В горизонтальном распределении концентраций ОВВ в придонном слое воды выделялось три «пятна», располагающихся в западном и восточном «рукавах» и перед м.Святого Климента (рис.3, б). В западном «рукаве» «пятно» в придонном слое имело более низкие значения концентраций (до 2 мг/л), чем у поверхности воды и смещалось больше к его вершине. В восточном «рукаве», напротив, концентрация ОВВ в придонном слое выше, чем в верхнем и в придонном слое площадь «пятна» больше.

Растворенное органическое вещество. Содержание РОВ на большей части акватории бухты, включая «рукава», варьировалось в пределах 1,9 – 2,5 мг/л (рис.3, в). Исключением являлась северо-западная часть бухты, примыкающая к берегу. Здесь концентрация РОВ достигала 2,5 – 3,2 мг/л. Небольшое увеличение концентрации РОВ (до 2,5 мг/л), как и в случае с ОВВ, наблюдалось в кутовой части бухты, однако эта область в восточном «рукаве» вытягивалась вдоль берега до ст.1. Придонный слой характеризовался более однородным распределением РОВ (рис.3, г). В области максимальных значений концентрации РОВ на поверхности наблюдались и максимальные концентрации РОВ в придонном слое, однако здесь значения концентраций не превышали 2,5 мг/л.

Вертикальное распределение значений измеряемых характеристик.

Рассматриваются вертикальные распределения температуры, солёности, $S_{\text{овв}}$ и $S_{\text{ров}}$ для трех разрезов: вдоль западного побережья (ст.3 – 13); вдоль центральной части бухты (ст.2, 18, 17, 16, 15); вдоль восточного побережья (ст.1, 31, 30, 29, 28, 24 – 26).

Температура. В вертикальном распределении температуры на всех разрезах отмечалось наличие верхнего квазиоднородного слоя (ВКС), нижняя граница которого находилась на горизонте ~12 м (рис.4, а – в). Под ВКС наблюдался резкий термоклин, немного растянутый на свале глубин (~ 3 м) и сужающийся до 1 м ближе к выходу из бухты (рис.4, б). Разница температур над термоклинном и под ним достигала 12 °С.

Солёность. Вдоль западного берега бухты (рис.4, г) солёность была однородно стратифицирована по глубине, за исключением самой глубоководной станции (ст.4) этого разреза, где на нижней границе ВКС, в придонном слое, происходило небольшое уменьшение солёности. Тенденция к уменьшению солёности на нижней границе ВКС, относительно значений солёности в ВКС, наблюдалась и на остальных разрезах (рис.4, д, е). Максимальные значения солёности были выявлены в центральной части бухты (ст.2 и 18) под термоклинном. Здесь с 15 м и до дна наблюдалась однородная стратификация солёности (18,2 ‰). Наиболее сложная вертикальная структура солёности была вдоль восточного побережья. Помимо общих закономерностей, характерных для всех разрезов, здесь наблюдались более распресненные воды в кутовой части «рукава», прижатые ко дну и растягивающиеся вдоль берега.

Общее взвешенное вещество. В вертикальном распределении ОВВ выделялись следующие особенности:

– вдоль западного берега бухты наибольшее увеличение концентрации ОВВ было в кутовой части, здесь концентрация ОВВ достигала 3 мг/л на по-

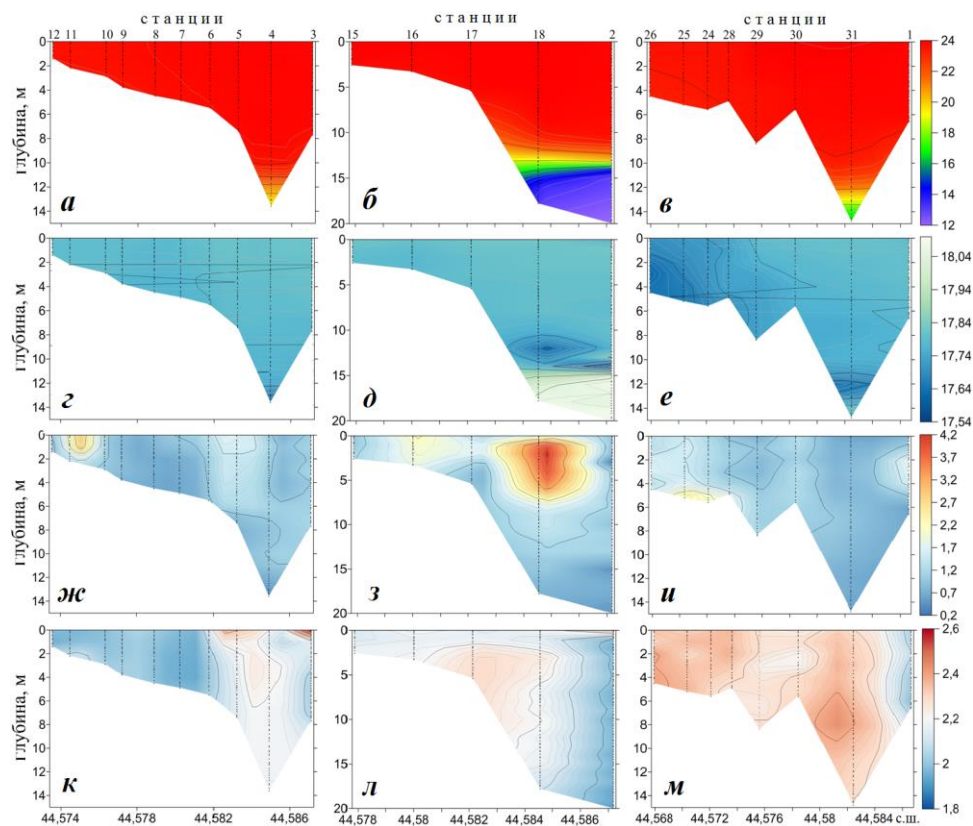


Рис. 4. Вертикальные распределения температуры (а – в), солёности (г – е), ОВВ (жс – и), РОВ (к – м) вдоль западной (а, г, жс, к), центральной (б, д, з, л) и восточной (в, е, и, м) частей бухты.

верхности и уменьшалась до 1,7 мг/л у дна (рис.4, жс). Менее значимое увеличение концентрации ОВВ (до 1,8 мг/л) наблюдалось на ст.4 – 6;

– центральная часть бухты отличалась наличием «пятна» в районе ст.8, его ядро с максимальными значениями (4,2 мг/л) находилось на глубине 2 м (рис.4, з). Нижняя граница «пятна» располагалась на глубине 8 м, под ней концентрация ОВВ уменьшалась до 1,7 мг/л;

– в восточном «рукаве» бухты максимальное скопление взвеси локализовалось преимущественно в придонном слое (рис.4, а), что связано с более плохой, по сравнению с остальной частью бухты, вентиляцией придонного слоя (рис.4, и).

Растворенное органическое вещество. Максимальные величины концентраций РОВ были отмечены в северо-западной части бухты на ст.4 – 6. На этих же станциях в вертикальном распределении РОВ наблюдалась тенденция медленного уменьшения концентрации с глубиной: от 3,4 мг/л на поверхности, до 2,6 мг/л у дна (рис.4, к). В кутовой части западного «рукава» была противоположная картина: с глубиной увеличивалось содержание РОВ (рис.4, л). В центральной части бухты, наряду с увеличением концентрации ОВВ, происходило и небольшое (до 2,3 мг/л) увеличение содержания РОВ, однако, в отличие от ОВВ, максимум РОВ заглубляется и распо-

лагается на свале глубин. Вдоль западного побережья бухты практически на всей протяженности вертикальная стратификация РОВ имела слабую изменчивость со значениями 2,3 – 2,4 мг/л, за исключением ст.1, где концентрация РОВ не превышали 2 мг/л.

Выводы.

1. Во время проведения исследований поверхностная температура в бухте Казачья изменялась в узком диапазоне (23,6 – 24,1 °С), в придонном слое 12,0 – 24,0 °С.

2. Соленость в поверхностном слое воды варьировалась в пределах 17,69 – 17,81 ‰, в придонном 17,69 – 18,20 ‰.

3. В результате проведенных исследований в бухте Казачьей были выявлены области повышенных значений концентраций ОВВ и РОВ. Горизонтальное распределение ОВВ имело неоднородную структуру. В поверхностном слое было обнаружено шесть «пятен», отличающихся высокой концентрацией (1,6 – 3,4 мг/л). При этом, в центральной части бухты эти «пятна» проявлялись только в верхнем слое, не достигая дна. В кутовой части бухты «пятна» распространялись по всей толщ, однако здесь значения концентраций были ниже, чем в центральной части (до 3 мг/л).

4. В горизонтальном распределении концентраций РОВ была выявлена основная область с высокими значениями в северо-западной части бухты. В данном месте высокие значения РОВ проявлялись во всей толщ (2,5 – 3,2 мг/л) с небольшим уменьшением концентрации с глубиной. В меньшей степени, увеличение содержания РОВ наблюдалось вдоль восточного побережья бухты (2,3 – 2,5 мг/л).

5. Несмотря на существование локальных источников поступления ОВВ и РОВ в бухту, Казачья бухта остается в настоящее время одной из наиболее чистых бухт Севастополя. Эта ситуация может в ближайшее время усугубиться в связи с увеличением рекреационной деятельности, проводимой в бухте. В связи с этим важным является проведение регулярных мониторинговых исследований бухты Казачья, направленных на оценку её экологического состояния.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ р_а № 18-45-920044, а также частично в рамках государственного задания МГИ по теме № 0827-2018-0002

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Празукин А.В., Ковардаков С.А.* Состояние ценопопуляции цистозеры на участках крымского побережья с разной антропогенной нагрузкой // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг.– 2005.– С.283-287.
2. *Ковардаков С.А., Фирсов Ю.К.* Изменение донной растительности в акватории черноморского рекреационного комплекса в процессе его развития // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг.– 2007.– С.347-351.
3. *Ковардаков С.А., Празукин А.В.* Структурно-функциональные характеристики донного фитоценоза б.Круглой (г.Севастополь) // Экосистемы, их оптимизация и охрана.– 2012.– 7.– С.138-148.
4. *Чепыженко В.А., Оскольская О.И.* Морфо-физиологический отклик представителей макрофитобентоса на параметры среды // Экология: проблемы, решения – молодежное видение.– 2004.– 1.– С.91-99.

5. *Рябцев Ю.Н.* Моделирования переноса нефтяного пятна поверхностными течениями в районе бухт Камышовая и Казачья // Годовой отчет отдела гидрофизики шельфа МГИ НАН Украины.– Севастополь: МГИ НАНУ, 2001.– 287 с.
6. *Мионов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В.* Экологическая характеристика бухты Казачьей (Черное море) // Экология моря.– 2002.– 61.– С.85-89.
7. *Беляева О.И.* Физико-географическая характеристика бухты Казачьей и оценка экологического состояния (Черное море) // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян».– 2018.– 9.– С.47-48.
8. *Хайлов К.М.* Экологический метаболизм в море.– Киев: Наукова думка, 1971.– 250 с.
9. *Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.* Оценка полей суммарной взвеси и растворенного органического вещества в бухтах крымского побережья на основе данных оптических измерений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2007.– вып.15.– С.168-176.

Материал поступил в редакцию 12.12.2018 г.
После доработки 11.01.2019 г.

A.A.Latushkin, A.A.Chepyzhenko, A.V.Prazukin, Yu.K.Firsov

DISTRIBUTION OF THE FIELDS OF TEMPERATURE, SALINITY, TOTAL SUSPENDED MATTER AND FLUORESCENT DISSOLVED ORGANIC MATTER IN THE KAZACHYA BAY (SEVASTOPOL)

The fields of temperature, salinity, total suspended matter (TSM) and fluorescent dissolved organic matter (fDOM) were investigated on the basis of complex hydrophysical survey, which was carried out on October 14, 2018 in the Kazachya Bay. The horizontal and vertical distributions of these parameters are considered. It was shown that the surface temperature and salinity in the bay during the study varied in narrow ranges, and in the bottom layer the values of these parameters varied within wide limits. The horizontal distribution of TSM had a heterogeneous structure. In the surface layer six spots, characterized by high concentrations were found. In the central part of the bay «the spots» appeared only in the upper layer, and in the corner part they spread throughout the depth. In the horizontal distribution of fDOM concentrations, the region with the maximum values in the northwestern part of the bay was identified. Despite the local TSM and fDOM arrival sources existence, the Kazachya Bay currently remains one of the cleanest bays of Sevastopol.

KEYWORDS: total suspended matter, fluorescent dissolved organic matter, temperature, salinity, anthropogenic pollution, the Kazachya Bay