

---

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

---

УДК 551.463/.465:502.175

DOI: [10.21072/eco.2022.21.01](https://doi.org/10.21072/eco.2022.21.01)

СТРУКТУРА ПОЛЕЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН У СЕВЕРНОГО БЕРЕГА  
СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ВЗМОРЬЯ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)  
В ФЕВРАЛЕ 2020 ГОДА\*

Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Чепыженко А. А.

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Российская Федерация,  
e-mail: [p\\_lomakin@mail.ru](mailto:p_lomakin@mail.ru), [ecodevice@yandex.ru](mailto:ecodevice@yandex.ru), [annachep87@yandex.ru](mailto:annachep87@yandex.ru)

**Аннотация:** На основе данных экспедиции, проведённой Морским гидрофизическим институтом (МГИ) в феврале 2020 г., проанализированы особенности динамики вод, их термохалинной структуры, структуры полей содержания общего взвешенного вещества и окрашенного растворённого органического вещества в районе северного берега Севастопольского взморья. Показано, что в условиях слабовыраженной динамики в исследуемой акватории взаимодействовали воды открытого моря с распреснённым речным стоком и выхоложенными прибрежными водами. В районе устья р. Качи обнаружен локальный максимум концентрации общего взвешенного вещества антропогенного происхождения. На исследуемой акватории в поле концентрации окрашенного растворённого органического вещества присутствовала антропогенная составляющая, а на трёх участках (в районе посёлка Любимовка и устья р. Бельбек, устья р. Качи, у посёлка Андреевка) обнаружены локальные максимумы концентрации этой величины. Выявлены источники загрязнения рассмотренной акватории.

**Ключевые слова:** температура, солёность, общее взвешенное вещество, окрашенное растворённое органическое вещество, Севастополь, Чёрное море.

### Введение

Исследуемая акватория — прибрежная зона Чёрного моря протяжённостью около 11 миль вдоль меридионально ориентированного северного берега Севастопольского взморья, от мыса Толстого до мыса Лукулл (рис. 1).

Северная часть Севастопольского взморья — прибрежный регион, не изученный с точки зрения океанических процессов. В литературе отсутствуют сведения о состоянии вод в бухтах и на открытых участках взморья в течение последних двадцати лет [Атлас океанографических ... , 2010; Гидролого-гидрохимический режим ... , 2006; Грузинов и др., 2019; Дулов, Юровская, Козлов, 2015; Иванов, Фомин, 2016].

Исследования рассматриваемой прибрежной акватории были начаты Институтом биологии южных морей им. А. О. Ковалевского в 2018 г. Тогда в ходе двух экспедиций были выполнены комплексные — гидробиологические, гидрохимические и океанографические (гидрологические и гидродинамические) — наблюдения. В рамках океанографического блока этих исследований были получены данные о вертикальной термохалинной структуре и распространении трансформированных речных вод в море [Рябушко и др., 2020].

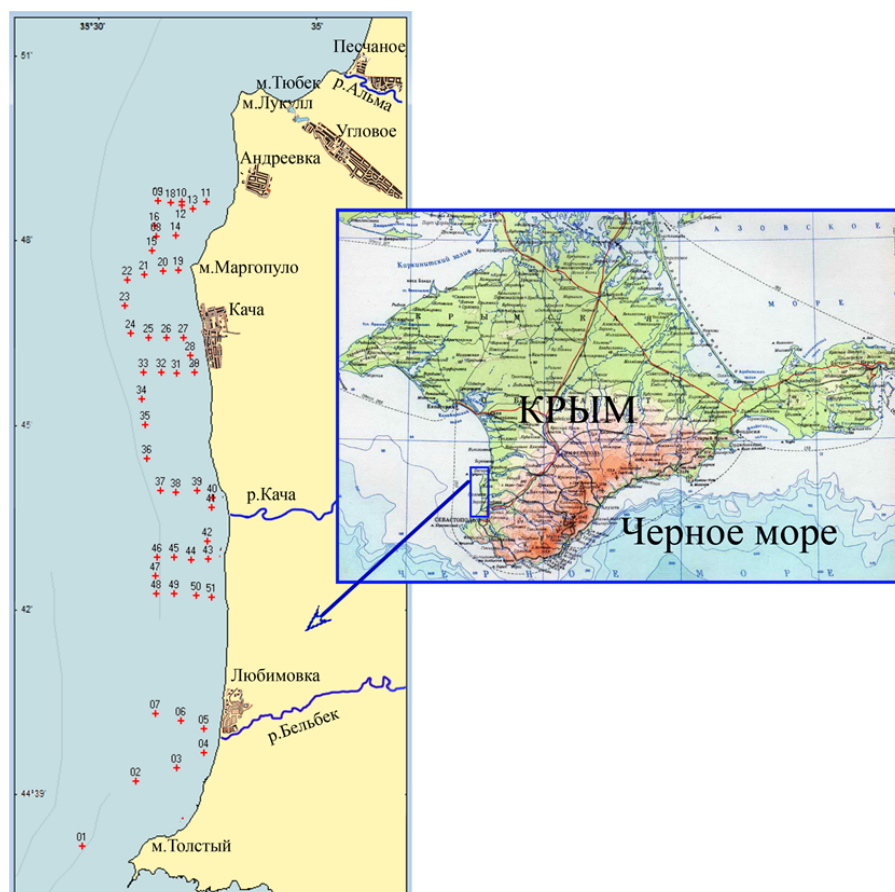
В предлагаемой статье соответствующие сведения дополнены и расширены. Её цель — на основе материалов экспедиции МГИ проанализировать особенности локальной циркуляции вод, структуры термохалинного поля, полей концентрации общего взвешенного (ОВВ) и окрашенного растворённого органического веществ (ОРОВ), а также выявить источники и траектории распространения этих веществ в районе северной части Севастопольского взморья в феврале 2020 г.

---

\* Работа выполнена в рамках государственных заданий ФГБУН ФИЦ МГИ № 0555-2021-0003 и № 0555-2021-0005.

## Материалы и методы исследования

Анализ выполнен на основе данных экспедиции, проведённой МГИ. Съёмка рассматриваемой акватории была реализована 16 февраля 2020 г. по схеме (всего 51 дрейфовая станция), которая изображена на рис. 1.



**Рис. 1.** Географическое положение исследуемой акватории и схема станций съёмки, выполненной 16 февраля 2020 года

Координаты станций определялись при помощи навигатора GPS. Заборные работы проведены с борта маломерного судна. Диапазон глубин на полигоне — 4–37 м.

Массив исходной информации получен при помощи оптического биофизического зондирующего комплекса «Кондор» (НПП «Аквастандарт», ТУ 431230-006-00241904-2015; код ТН ВЭД ЕАЭС 9027 50 000 0. ДС ЕАЭС N RU Д-RU.ЭМ03.А.00096/19) [Комплекс гидробиофизический ...]. Температура, солёность, концентрация ОВВ и ОРОВ синхронно фиксировались в водной толще в зондирующем режиме *in situ* с шагом по глубине 0.1 м.

Данные о синоптической атмосферной ситуации и о погодных условиях, сопровождавших океанологическую съёмку и предшествовавших ей, взяты с сайтов Туристер.Ру и Wetterzentrale [Погода в Севастополе ...; Wetterzentrale].

Отметим, что общее взвешенное вещество и особенно растворённое органическое вещество, определяемое флуоресцентным методом, относят к числу наиболее информативных показателей загрязнения природных вод, в том числе и бактериального [Boss et al., 2001; Karlsson et al., 2019; Tedetti et al., 2012].

До настоящего времени не существует предельно допустимых норм концентрации данных веществ. Поэтому для выявления прибрежных акваторий с содержанием исследуемых веществ антропогенного происхождения мы определили концентрацию ОБВ и ОРОВ, характерную для прибрежных вод Крыма в целом и Севастопольского региона в частности, которые не испытывают антропогенного влияния.

По материалам серии экспедиций, проведённых МГИ в 2003–2019 гг. [Ломакин, Чепыженко, Гидрофизические условия ... , 2019; Ломакин, Чепыженко, Течения и поля ... , 2019; Ломакин, Чепыженко, Гребнева, 2020], на основе элементарных статистических расчётов нами установлено, что в прибрежных «чистых» водах у Крымского полуострова, не подверженных антропогенному воздействию, наиболее часто фиксируемый уровень содержания этих веществ равен 0.8 мг/л для ОБВ и 2.0 мг/л для ОРОВ.

Эти значения, условно принятые нами в качестве природной нормы, используются для сопоставления с фактическими полями концентрации рассматриваемых величин с целью выявления антропогенной составляющей, оценки степени антропогенной нагрузки, источников загрязнения водной среды.

### Обсуждение результатов

Рассмотрим некоторые физико-географические и морфометрические особенности исследуемого региона, а также сведения об атмосферной синоптической ситуации и погодных условиях, которые использованы при интерпретации данных экспедиционных исследований.

*Физико-географические и морфометрические особенности.* В геологическом отношении берега анализируемой прибрежной акватории Чёрного моря сложены красно-бурыми плиоценовыми и четвертичными глинами с подчинёнными им слоями песчаников и конгломератов древнеаллювиального происхождения. Глинистые породы по устойчивости легко размываемы и практически не формируют при разрушении пляжеобразующий материал [Агаркова-Лях, 2007]. Здесь находятся три масштабных мыса: мыс Толстый — на юге и два, расположенных рядом, — мыс Маргопуло и мыс Лукулл — на севере.

В рассматриваемую акваторию впадают крымские реки Бельбек и Кача, которые традиционно считаются загрязнёнными [Грузинов и др., 2019]. Устье Бельбека расположено в двух милях севернее мыса Толстого, у посёлка Любимовка, устье Качи — в четырёх милях севернее устья р. Бельбек. Далее к северу находятся поселки Кача и Андреевка (рис. 1).

*Синоптическая ситуация и погодные условия.* 15 и 16 февраля 2020 г. в западной части Чёрного моря наблюдалось изменение атмосферной синоптической ситуации. На месте заполнявшейся ложбины, которая была ориентирована от Эгейского моря на западную часть Чёрного моря, образовался гребень. В течение указанных двух суток преобладал слабый ветер переменных направлений. Температура воздуха во время съёмки составила 7–8 °С, волнение моря — 2 балла [Погода в Севастополе ... ; Wetterzentrale].

*Течения.* Соответственно полю ветра, течения, которые, согласно [Шапиро, Юценко, 1999], в Севастопольском регионе имеют ветровую природу, на рассматриваемом прибрежном участке были слабыми. Это также подтверждалось косвенными признаками, в частности отсутствием заметного сноса судна при выполнении дрейфовых станций.

*Термохалинное поле.* Анализ термохалинной структуры свидетельствует о взаимодействии на рассматриваемом участке высокосолёных и тёплых вод открытого моря с распреснённым речным стоком и выхолаженными на мелководье прибрежными водами. Вертикальная стратификация термохалинного поля была слабовыраженной, типичной для зимнего сезона года. Преобладающую часть акватории полигона занимали более тёплые и солёные воды открытого моря, которые, вероятно, распространялись от севера — северо-запада (рис. 2).

Локальные минимумы температуры и солёности (7.2–7.4 °С и 18.08–18.12 ЕПС) наблюдались на мелководных участках, примыкающих к речным устьям, максимальные значения Т- и S-индексов (8.4–8.6 °С и 18.25–18.32 ЕПС) — в глубоководной части рассматриваемой акватории (рис. 2).

*Поле концентрации ОВВ.* В поле этой величины отчётливо видна граница, разделявшая воды открытого моря с низким содержанием взвеси (0.2–0.4 мг/л) и насыщенные ОВВ прибрежные воды, где в прибрежной полосе шириной от нескольких сотен метров до мили его концентрация изменялась в интервале 1.5–3.7 мг/л, что в 2.0–4.6 раза превосходило природную норму (рис. 3а, 3б).

Отметим, что столь низкая концентрация ОВВ в прибрежной зоне Крыма, равная 0.2 мг/л, наблюдается крайне редко, согласно [Хайлов, 1971] такое содержание ОВВ типично для вод центральной части Чёрного моря.

Локальный максимум концентрации ОВВ явно антропогенного происхождения (2.6–2.8 мг/л на поверхности моря и 3.5–3.7 мг/л у дна) отмечен в районе устья р. Качи (рис. 3а, 3б).

*Поле концентрации ОРОВ.* Диапазон абсолютной изменчивости концентрации ОРОВ (2.3–2.9 мг/л), превышавший природную норму в 1.2–1.4 раза, свидетельствует о том, что в поле этой величины на всей исследуемой акватории присутствовала антропогенная составляющая.

Три отчётливо выраженных локальных максимума содержания ОРОВ (2.9 мг/л), зафиксированные на поверхности моря в районах посёлка Любимовка и устья р. Бельбек, устья р. Качи и у посёлка Андреевка (рис. 3в), указывают на наличие источников загрязнения, влияние которых в поле ОРОВ распространялось на всю рассматриваемую акваторию. В придонном слое были зафиксированы только два максимума концентрации ОРОВ — в устье р. Качи и у посёлка Андреевка (рис. 3г).

Сточные воды указанных населённых пунктов и стоки речек, поставляющие в море антропогенные ОВВ и ОРОВ, могут оказывать негативное влияние на экологическое состояние региона.

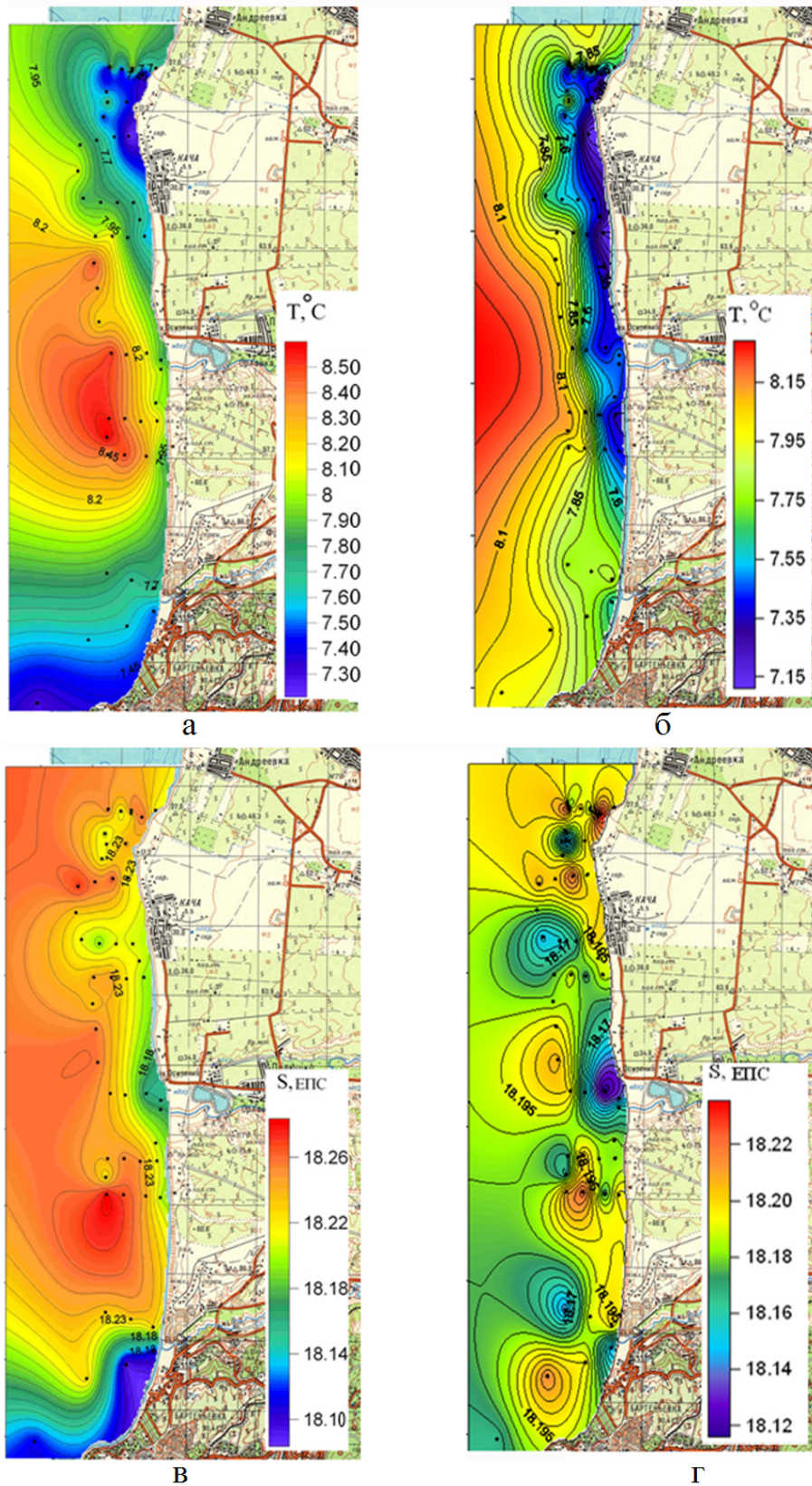
### Заключение

На основе данных экспедиции, проведённой МГИ в феврале 2020 г., рассмотрены особенности динамики вод, их термохалинной структуры, структуры полей содержания ОВВ и ОРОВ в районе северного берега Севастопольского взморья. Выявлены источники ОВВ и ОРОВ антропогенной природы.

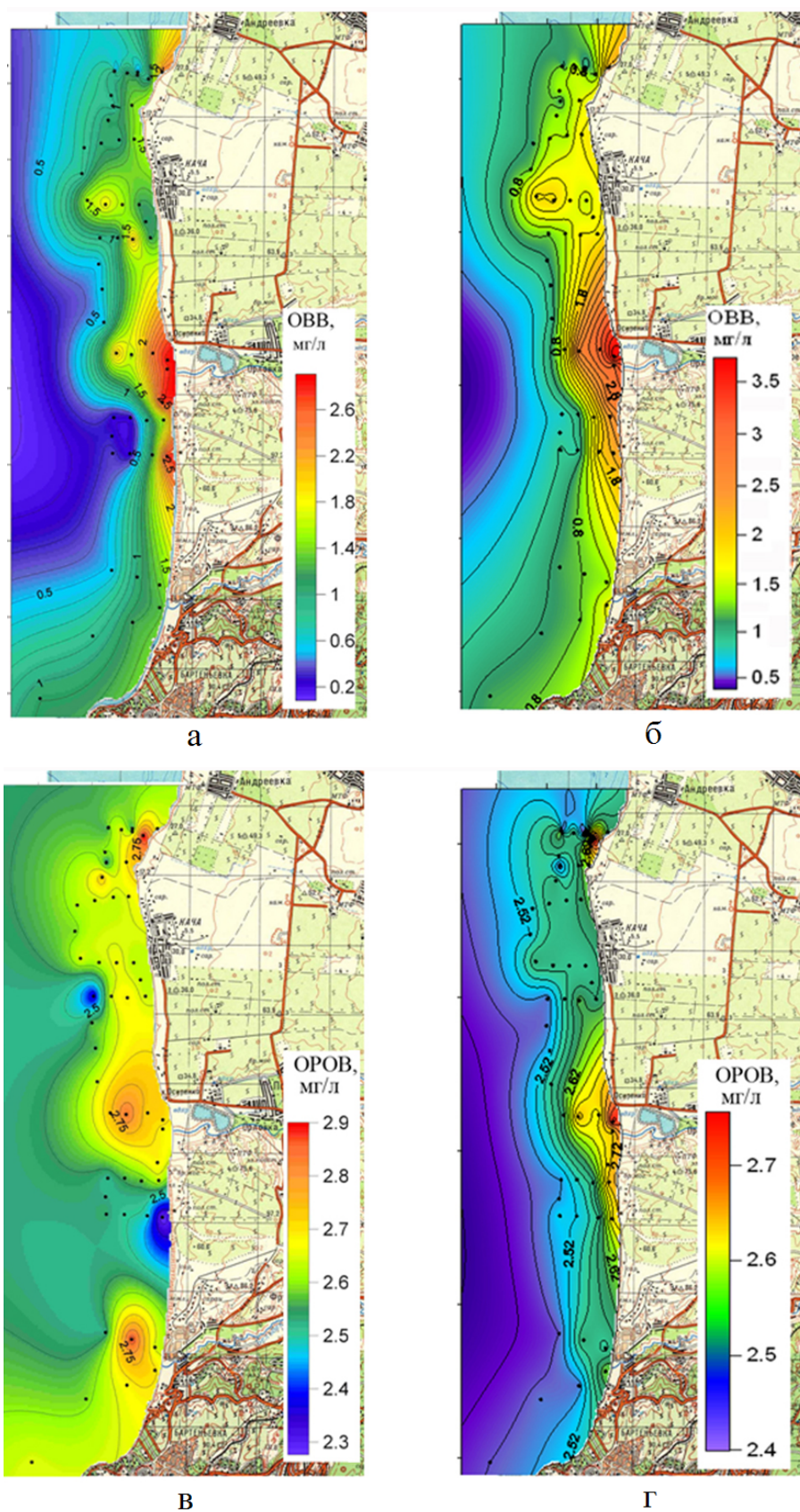
Показано, что в условиях слабовыраженной динамики на исследуемой акватории взаимодействовали высокосолёные и тёплые воды открытого моря с распреснённым речным стоком и выхоложенными на мелководье прибрежными водами. Преобладающую часть акватории занимали воды открытого моря, которые распространялись от севера — северо-запада. Стратификация термохалинного поля отсутствовала.

В прибрежных водах концентрация ОВВ изменялась в интервале 1.5–3.7 мг/л, что в 2.0–4.6 раза превышало природную норму. Локальный максимум концентрации ОВВ антропогенного происхождения (2.6–2.8 мг/л на поверхности моря и 3.5–3.7 мг/л у дна) отмечен в районе устья р. Качи.

На исследуемой акватории в поле ОРОВ присутствовала антропогенная составляющая, а на трёх участках (в районе посёлка Любимовка и устья Бельбека, устья Качи, у посёлка Андреевка) обнаружены локальные максимумы концентрации этой величины.



**Рис. 2.** Температура ( $^{\circ}\text{C}$ ) на поверхности (а) и у дна (б), солёность (ЕПС) на поверхности (в) и у дна (г) 16 февраля 2020 г.



**Рис. 3.** Концентрация общего взвешенного вещества (мг/л) на поверхности (а) и у дна (б), концентрация окрашенного растворённого органического вещества (мг/л) на поверхности (в) и у дна (г) 16 февраля 2020 г.

### Список литературы

1. *Агаркова-Лях И. В.* Современное состояние береговой зоны Севастопольского региона и особенности её антропогенного преобразования // *Культура народов Причерноморья*. – 2007. – № 118. – С. 7–13. – URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/107849> (дата обращения: 17.02.2022).
2. Атлас океанографических характеристик Севастопольской бухты / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т ; отв. ред. В. А. Иванов. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – 320 с.
3. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т ; В. А. Иванов [и др.]. – Севастополь : МГИ, 2006. – 90 с. – URL: [http://mhi-ras.ru/assets/files/gidrologo-gidrohimicheskij\\_rezhim\\_sevastopolskoj\\_buhty\\_2006.pdf](http://mhi-ras.ru/assets/files/gidrologo-gidrohimicheskij_rezhim_sevastopolskoj_buhty_2006.pdf) (дата обращения: 16.02.2022).
4. *Грузинов В. М., Дьяков Н. Н., Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Жохова Н. В., Коршенко А. Н.* Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района // *Океанология*. – 2019. – Т. 59, № 4. – С. 579–590. – <https://doi.org/10.31857/S0030-1574594579-590>
5. *Дулов В. А., Юровская М. В., Козлов И. Е.* Прибрежная зона Севастополя на спутниковых снимках высокого разрешения // *Морской гидрофизический журнал*. – 2015. – № 6. – С. 43–60. – <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2015-6-39-54>
6. *Иванов В. А., Фомин В. В.* Численное моделирование распространения заглубленного стока в прибрежной зоне Гераклеяского полуострова // *Морской гидрофизический журнал*. – 2016. – № 6. – С. 89–103. – <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2016-6-89-103>
7. Комплекс гидробиофизический мультипараметрический погружной автономный «КОНДОР» [Электронный ресурс] // *Ecodevice. Development creation research* : [сайт]. – URL: <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor> (дата обращения: 17.02.2022).
8. *Ломакин П. Д., Чепыженко А. А.* Гидрофизические условия и характеристика загрязнения вод бухты Казачья (Крым) в сентябре 2018 года // *Системы контроля окружающей среды*. – 2019. – Вып. 1 (35). – С. 48–54. – <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-1-48-54>
9. *Ломакин П. Д., Чепыженко А. И.* Течения и поля содержания общего взвешенного и растворённого органического веществ в водах Севастопольского взморья в августе 2019 года // *Системы контроля окружающей среды*. – 2019. – Вып. 4 (38). – С. 60–65. – <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-4-60-65>
10. *Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Гребнева Е. А.* Поля океанологических характеристик в Абрамовой бухте (Севастополь) в ноябре 2019 года // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. – 2020. – Вып. 2. – С. 68–79. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-2-68-79>
11. Погода в Севастополе, Россия [Электронный ресурс] // *Туристер.Ру* : [сайт]. – [2009]. – URL: <https://pogoda.tourister.ru/russia/sevastopol/february> (дата обращения: 17.02.2022).
12. *Рябушко В. И., Щуров С. В., Ковригина Н. П., Лисицкая Е. В., Поспелова Н. В.* Комплексные исследования экологического состояния прибрежной акватории Севастополя (Западный Крым, Чёрное море) // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. – 2020. – № 1. – С. 103–118. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-1-103-118>
13. *Хайлов К. М.* Экологический метаболизм в море. – Киев : Наук. думка, 1971. – 250 с.
14. *Шатирио Н. Б., Ющенко С. А.* Моделирование ветровых течений в севастопольских бухтах // *Морской гидрофизический журнал*. – 1999. – № 1. – С. 42–57.

15. Boss E. S., Pegau W. S., Zaneveld J. R., Barnard A. H. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. – 2001. – Vol. 106, iss. C5. – P. 9499–9507. – <https://doi.org/10.1029/2000JC900008>
16. Karlsson C. M. G., Cerro-Galvez E., Lundin D., Karlsson C., Vila-Costa M., Pinhassi J. Direct effects of organic pollutants on the growth and gene expression of the Baltic Sea model bacterium *Rheinheimera* sp. BAL341 // *Microbial Biotechnology*. – 2019. – Vol. 12, iss. 5. – P. 892–906. – <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13441>
17. Tedetti M., Longhitano R., Garcia N., Guigue C., Ferretto N., Goutx M. Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) // *Environmental Chemistry*. – 2012. – Vol. 9, iss. 5. – P. 438–449. – <https://doi.org/10.1071/EN12081>
18. Wetterzentrale : [website]. – URL: <http://wetterzentrale.de/topkarten/> (date of application: 17.02.2022).

## OCEANOLOGICAL VALUES FIELDS STRUCTURE AROUND THE NORTHERN COAST OF SEVASTOPOL SEASIDE (THE BLACK SEA) IN FEBRUARY 2020

Lomakin P. D., Chepyzhenko A. I., Chepyzhenko A. A.

*Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, Russian Federation,*

e-mail: [p\\_lomakin@mail.ru](mailto:p_lomakin@mail.ru), [ecodevice@yandex.ru](mailto:ecodevice@yandex.ru), [annachep87@yandex.ru](mailto:annachep87@yandex.ru)

**Abstract:** Based on the survey data conducted by Marine Hydrophysical Institute in February 2020, the water dynamics peculiarities, thermohaline structure, total suspended and colored dissolved organic matter fields' structures in the northern coast of the Sevastopol seaside region were analyzed. It is shown that under conditions of weakly expressed dynamics in the studied water area, the open sea waters interacted with the freshened and cooled by the river runoff coastal waters. In the area of the Kacha river mouth, the total suspended matter of anthropogenic origin concentration local maximum was found. An anthropogenic component was presented throughout the entire water area in the field of the colored dissolved organic matter concentration. The local maxima of this value concentration were found in three areas (near the Lyubimovka village and the Belbek river mouth, the Kacha river mouth, near Andreevka village). The pollution sources of considered water area have been identified.

**Keywords:** temperature, salinity, total suspended matter, colored dissolved organic matter, Sevastopol, the Black Sea.

### Сведения об авторах

Ломакин Павел Демьянович	доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела океанографии, ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», <a href="mailto:p_lomakin@mail.ru">p_lomakin@mail.ru</a>
Чепыженко Алексей Ильич	кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела гидрофизики шельфа, ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», <a href="mailto:ecodevice@yandex.ru">ecodevice@yandex.ru</a>
Чепыженко Анна Алексеевна	младший научный сотрудник отдела дистанционных методов исследования, ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», <a href="mailto:annachep87@yandex.ru">annachep87@yandex.ru</a>

*Поступила в редакцию 27.08.2021 г.*

*Принята к публикации 25.02.2022 г.*