

Поля океанологических характеристик в Абрамовой бухте (Севастополь) в ноябре 2019 года

П. Д. Ломакин^{1*}, А. И. Чепыженко¹, Е. А. Гребнева²

¹Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

²Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

*e-mail: p_lomakin@mail.ru

Поступила: 12.03.2020 г.; принята к публикации 08.05.2020 г.; опубликована 25.06.2020 г.

На базе данных экспедиции, проведенной в ноябре 2019 г., впервые получено представление о течениях, термохалинной структуре и полях содержания общего взвешенного вещества, растворенного органического вещества и концентрации растворенных нефтепродуктов в водах Абрамовой бухты. Показано, что исследуемая бухта, в отличие от расположенных рядом бухт (Казачья, Камышовая, Круглая), имеет собственные морфометрические особенности – это относительно обширная и не изолированная от мористой области кутовая часть. В этой части она менее подвержена влиянию грунтовых вод. В бухте выявлена циклоническая ячейка циркуляции вод. В мористой области бухты наблюдался направленный на запад поток ветрового течения скоростью 15–30 см/с в верхнем слое моря и 10–20 см/с у дна. В южной мелководной части бухты отмечено вдольбереговое течение с восточной составляющей и скоростью 5–15 см/с, которое омывало береговую линию по циклонической траектории. Вертикальная структура полей анализируемых величин, за исключением поля растворенных нефтепродуктов, была сформирована процессом осенне-зимней конвекции. Поля этих величин характеризовались высокой степенью однородности на всей акватории бухты. В отличие от расположенных рядом бухт, в кутовой части Абрамовой бухты вертикальная стратификация термохалинного поля отсутствовала. Локальный минимум солёности и максимумы концентрации общего взвешенного вещества и растворенного органического вещества, обнаруженные в кутовой части исследуемой бухты, – следствие влияния источника пресной воды, который может быть как природным, так и антропогенным. Показано, что в водах Абрамовой бухты содержатся растворенные нефтепродукты, вероятный источник которых расположен в море.

Ключевые слова: течения, температура, солёность, общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество, растворенные нефтепродукты, Абрамова бухта, Крым.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2019-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей». Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 18-45-920068.

© Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Гребнева Е. А., 2020



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

Для цитирования: 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. № 2. С. 68–79. doi:10.22449/2413-5577-2020-2-68-79

Fields of Oceanological Characteristics in the Abramova Bay (Sevastopol) in November 2019

P. D. Lomakin^{1*}, A. I. Chepyzhenko¹, E. A. Grebneva²

¹*Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia*

²*Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia*

*e-mail: p_lomakin@mail.ru

Submitted 12.03.2020; revised 08.05.2020; published 25.06.2020

Based on the data of the expedition carried on November 2019, the first representation about the flows, thermohaline structure and fields of total suspended matter, dissolved organic matter and concentration of dissolved oil products in the waters of the Abramova Bay were received. It is shown that the bay under study, in contrast to the adjacent bays (Kazachya, Kamyshovaya, Kruglaya), has its own morphometric features: this is a relatively wide apex not isolated from the seaward area. In its apex, the bay is also less exposed to groundwater. A cyclonic eddy of water circulation was revealed in the bay. In its seaward region, a westward flow of wind current was observed at a speed of 15–30 cm/s in the upper layer of the sea and 10–20 cm/s at the bottom. In the shallow southern part of the bay, a coastal current was noted with an eastern component and a velocity of 5–15 cm/s, which flowed around the coastline along a cyclonic path. The vertical structure of the analyzed field's quantities, with the exception of the dissolved oil products field, was formed by the autumn – winter convection process. The fields of these quantities were highly uniform throughout the bay. In contrast to the adjacent bays, in the Abramova Bay apex there was no vertical stratification of the thermohaline field. The local minimum salinity and concentration maxima of the total suspended matter and dissolved organic matter found in the apex of the studied bay are a consequence of the influence of a fresh water source, which can be both natural and anthropogenic. It is shown that the waters of the Abramova Bay contain dissolved oil products, the probable source of which is located in the sea.

Keywords: currents, temperature, salinity, total suspended matter, dissolved organic matter, dissolved oil products, Abramova Bay, Crimea.

Acknowledgements: the research is performed under state order on topic No. 0827-2019-0004 “Complex interdisciplinary research of oceanologic processes, which determine functioning and evolution of the Black and Azov Sea coastal ecosystems”. The research is performed as part of scientific project No. 18-45-920068 and is funded by the RFBR and the city of Sevastopol.

For citation: Lomakin, P.D., Chepyzhenko, A.I. and Grebneva, E.A., 2020. Fields of Oceanological Characteristics in the Abramova Bay (Sevastopol) in November 2019. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 68–79. doi:10.22449/2413-5577-2020-1-68-79 (in Russian).

Введение

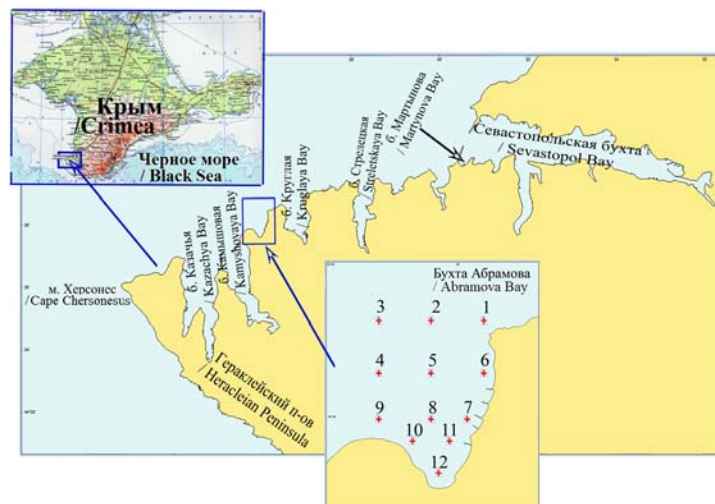
Абрамова бухта (другое название – Песчаная) – одна из небольших бухт севастопольского побережья, расположенная на юго-западе г. Севастополя, между бухтами Круглой и Камышовой. Протяженность ее западного берега около 300 м, восточного ~ 600 м. Ширина Абрамовой бухты на траверзе ее западного мыса – около 300 м. Дно и берега бухты каменистые. Глубина на входе 12–17 м (рис. 1).

В Севастопольском регионе из многочисленных бухт к настоящему времени довольно хорошо изучена с океанологической точки зрения и освещена в литературе [1–5] только наибольшая по площади водного зеркала Севастопольская бухта. В течение двух последних лет комплексные океанологические исследования были проведены в менее масштабных бухтах: Южной, Корабельной, Стрелецкой, Круглой, Казачьей [6–8]. Неизученным объектом севастопольского побережья остается Абрамова бухта.

Цель предлагаемой статьи – выявить закономерности локальной системы течений, структуры термохалинного поля и полей содержания общего взвешенного вещества (ОВВ), растворенного органического вещества (РОВ) и растворенных нефтепродуктов (РН) в водах Абрамовой бухты в ноябре 2019 г.

Исходные данные и методы исследования

Анализ выполнен на основе данных экспедиции, организованной и проведенной Институтом природно-технических систем РАН с участием сотрудников Морского гидрофизического института РАН. Съёмка акватории Абрамовой бухты реализована 18 ноября 2019 г. по схеме (всего 12 якорных станций), которая изображена на рис. 1. Координаты станций определялись при помощи навигатора *GPS*. Заборные работы проведены с борта маломерного гидрографического судна «Гидрограф-4». Диапазон глубин на полигоне 1.6–16.3 м.



Р и с . 1. Географическое положение Абрамовой бухты и схема станций съёмки, выполненной в ноябре 2019 г.

Fig. 1. Geographical position of the Abramova Bay and station grid of the survey performed in November 2019

Основной массив исходной информации получен при помощи оптического биофизического зондирующего комплекса «Кондор» (URL: ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor). Температура, соленость, концентрация ОВВ и РОВ в водной толще синхронно фиксировались в зондирующем режиме *in situ* с шагом по глубине 0.1 м.

Течения регистрировались при помощи портативного самописца, которым снабжен зонд «Кондор». Время выдержки прибора на каждом горизонте 10 мин при дискретности наблюдений 0.25 с. Анализировались только осредненные для каждой экспозиции векторы течений. Наблюдения за течениями проведены в верхнем слое и у дна на мористых станциях, а также в верхнем слое на мелководье (глубина менее 3 м).

Технические характеристики зондирующего комплекса «Кондор» и погрешность измеряемых им параметров водной среды приведены в таблице.

Концентрация растворенных в морской воде нефтепродуктов определялась в отобранных с поверхности моря пробах воды в лабораторных условиях флуоресцентным методом (*UV-fluorescence method*) [11]. Данная величина представлена в относительных единицах (отн. ед.) и показывает, во сколько раз измеренное содержание РН превосходит их концентрацию в открытых водах центральной части Черного моря, принятую за единицу. Погрешность определения РН равна ± 0.05 отн. ед. [11].

Нефтепродукты относятся к числу распространенных и опасных веществ, загрязняющих воды океанов и морей. Нефть и продукты ее переработки – чрезвычайно сложная, изменчивая и разнообразная смесь веществ. Состояние нефтепродуктов с момента поступления в водную среду обусловлено их свойствами, в частности растворимостью, которая, как правило, на начальной стадии контакта с водной средой незначительна. Однако в условиях повышения температуры и увеличения продолжительности контакта с водой, а также наличия метильных и метиленовых групп углеводородов, которые входят в состав бензина, растворимость нефтепродуктов увеличивается. Их концентрация может достигать 34 мг/л [12].

Растворенная фракция нефтепродуктов адсорбируется на взвеси, она отличается стойкостью и острой токсичностью для морских организмов. К наиболее токсичным антропогенным компонентам растворенных в воде нефтепродуктов, которые обладают канцерогенными свойствами и оказывают серьезное воздействие на окружающую среду, относят ароматические углеводороды и полициклические ароматические углеводороды. Эти вещества накапливаются в тканях рыб и представляют собой реальную угрозу для здоровья человека. Поэтому контроль полей концентрации растворенных нефтепродуктов представляет собой первоочередную задачу в рамках экологического мониторинга прибрежных вод [12].

Химическая стабильность и пространственная устойчивость находящихся в водной среде растворенных нефтепродуктов позволяет определять источники их поступления в водную среду, траектории распространения и места накопления по результатам полигонных экспедиционных исследований [12].

Обсуждение результатов

Следует обратить внимание на ряд морфометрических особенностей рассматриваемой бухты, которые отличны от морфометрии большинства севастопольских бухт и определяют ее собственный гидрофизический режим.

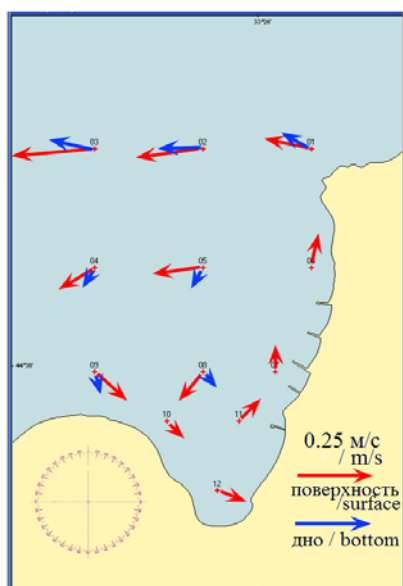
Технические характеристики комплекса «Кондор» [9, 10]

Technical specifications of the complex *Kondor* [9, 10]

Параметр / Characteristic	Значение / Value	Погрешность / Measurement error
Гидростатическое давление, МПа / Hydrostatic pressure, MPa	0–10.00	±0.01
Температура, °С / Temperature, °C	–2.00 ... +35.00	±0.05
Мутность, ЕМФ / Turbidity, FTU	0.2–10.0	±0.1
Концентрация общего взвешенного вещества (расчетная), мг/л / Concentration of total suspended matter (TSM) (calculated), mg/L	0.12–8.00	±0.20
Растворенное органическое вещество (<i>fDOM</i>), <i>quinine sulfate equivalents (QSE)</i> / Dissolved organic matter (<i>fDOM</i>), <i>QSE</i>	0.5–800.0	±0.2
Концентрация растворенного органического вещества (расчетная), мг/л / Concentration of dissolved organic matter (calculated), mg/L	0.1–20.0	±0.2
Электропроводность, – 1-й диапазон, отн. ед. (мСм/см) – 2-й диапазон, отн. ед. (мСм/см) / Electrical conductivity, – 1 st range, RU (mS/cm) – 2 nd range, RU (mS/cm)	0–0.900(42) 0.6200(26.6)–1.6000(69)	±0.001 ±0.0015
Соленость (расчетная), ЕПС / Salinity (calculated), PSU	0.10–25.00	±0.01
Скорость течения, м/с / Current speed, m/s	0.02–3.00	±0.05
Направления течения, град / Current direction, degrees	0–360	±3
Вес (на воздухе), кг / Weight (in air), kg	≤ 3.5	–
Габариты, см / Dimensions, cm	12 × 12 × 350	–
Глубина погружения, м / Immersion depth, m	100	–
Частота измерений, Гц / Measuring frequency, Hz	4	–

Береговая линия Абрамовой бухты более гладкая. Ее меридиональная протяженность в 3–4 раза короче протяженности расположенных рядом с ней бухт Казачьей, Камышовой, Круглой. Кутовая часть анализируемой бухты не изолирована от ее открытой области. Эта часть относительно широкая с линейным размером, соизмеримым с поперечным размером мористой области (см. рис. 1). Балка, подводным продолжением которой является бухта, в настоящее время застроена.

Погода во время съемки была обусловлена юго-западной периферией антициклона с центром над Прикаспийской низменностью (URL:



Р и с . 2. Векторы течений на акватории Абрамовой бухты в ноябре 2019 г.

Fig. 2. Vectors of currents in the waters of the Abramova Bay in November 2019

old.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html). Преобладал умеренный ветер восточной четверти, скоростью 4–8 м/с (URL: pogoda.tourister.ru/russia/sevastopol/august). В море и в открытой части бухты отмечено смешанное волнение. Высота волн – около 1 м.

На большей части акватории бухты, которая экранирована от восточного ветра своим восточным берегом, наблюдались полный штиль и отсутствие волнения.

Течения. Анализ поля течений выявил на рассматриваемой акватории отчетливо

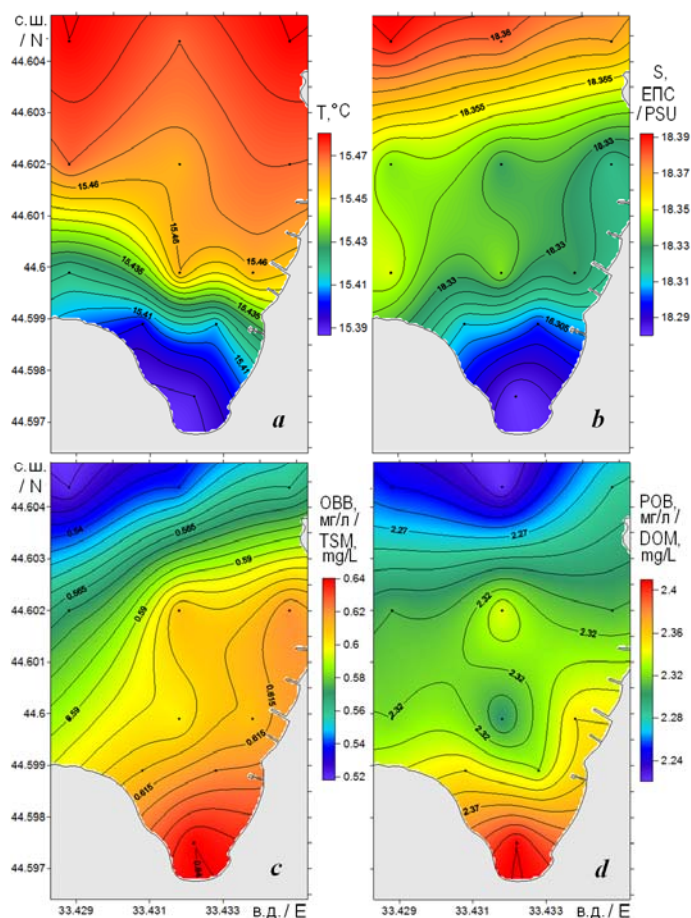
выраженную циклоническую вихревую ячейку. На морской границе бухты в верхнем слое и у дна наблюдалось ветровое течение западного направления со скоростью 20–30 см/с и 10–15 см/с соответственно. На мелководье отмечен вдольбереговой поток с восточной составляющей и скоростью 5–15 см/с, который омывал береговую линию бухты по циклонической траектории (рис. 2).

Циклоническая вдольбереговая циркуляция в Абрамовой бухте подтверждается горизонтальным распределением анализируемых ниже величин. Более ярко этот эффект выражен в придонном слое.

Термохалинная структура. Время выполнения съемки пришлось на период осенне-зимнего выхолаживания, которое сопровождалось конвективным перемешиванием. На всей акватории Абрамовой бухты толщина вод была однородной. Абсолютный диапазон пространственного изменения температуры и солености на поверхности – 0.10 °С (15.38–15.48 °С) и 0.11 ЕПС (18.28–18.39 ЕПС) (рис. 3, *a, b*). Вследствие поступления более теплых и осолоненных вод из открытой части моря в центральную область бухты в системе циклонического вихревого образования, у дна абсолютный диапазон пространственного изменения термохалинных индексов несколько шире – 0.32 °С (15.36–15.68 °С) и 0.17 ЕПС (18.26–18.43 ЕПС) (см. рис. 4, *a, b*).

В севастопольских бухтах с изолированной кутовой частью, где вследствие локального распреснения материковым стоком формируется устойчивая плотностная стратификация, подобное свойство (вентиляция всей толщи вод) не наблюдается. Так, в бухтах Камышовой, Круглой, Стрелецкой и Южной осенне-зимняя (по данным за ноябрь – декабрь) конвекция распространяется до дна только в их открытой области. В кутовых частях этих бухт плотностная стратификация препятствует проникновению конвективных токов в придонный слой и ограничивает вертикальный обмен [6, 7].

В структуре халинного поля наблюдалась важная закономерность. Несмотря на однородность, в нем явно была выражена тенденция понижения



Р и с . 3. Распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$) (a), солёности (ЕПС) (b), концентрации ОВВ (мг/л) (c), концентрации РОВ (мг/л) (d) в верхнем слое вод Абрамовой бухты в ноябре 2019 г.

Fig. 3. Distribution of temperature ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinity (PSU) (b), TSM concentration (mg/L) (c), DOM concentration (mg/L) (d) in the surface layer of the Abramova Bay waters in November 2019

солёности по направлению к берегу с минимумом в кутовой части в районе ближайших к берегу станций (см. рис. 3, b; 4, b). То есть Абрамова бухта в своей кутовой части, как и большинство других севастопольских бухт, но в существенно меньшей степени, подпитывается пресным стоком.

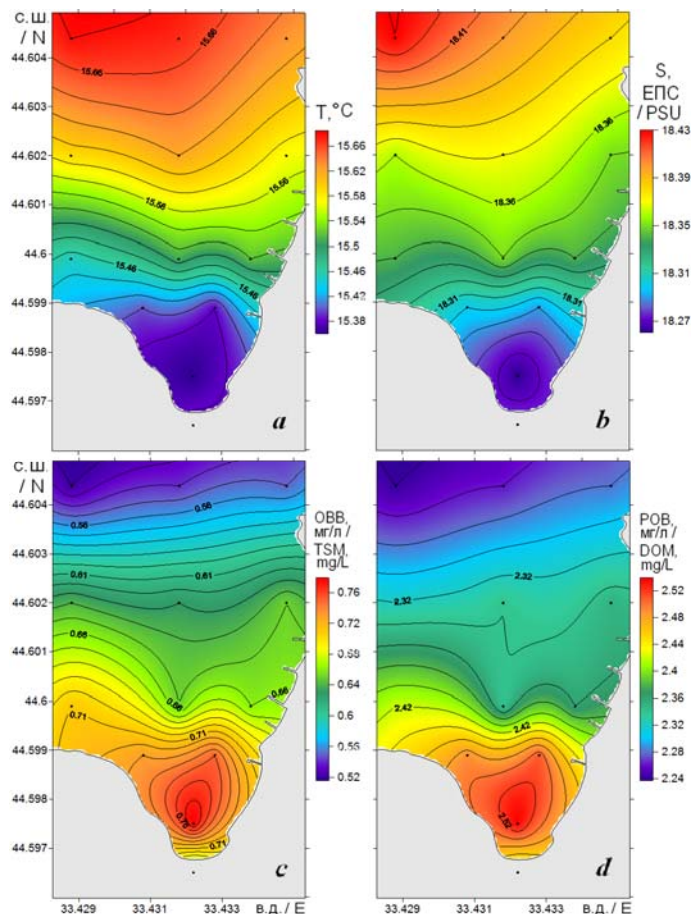
Поле ОВВ. Поле данной величины характеризовалось низкими значениями концентрации и небольшой ее изменчивостью – 0.52–0.64 мг/л на поверхности и 0.52–0.78 мг/л в придонном слое с максимумом в кутовой части (рис. 3, c; 4, c). Для сравнения: согласно нашим наблюдениям [13], наиболее часто повторяемая концентрация ОВВ в прибрежных водах Крыма оценивается в 0.8 мг/л. Отмечена высокая прозрачность вод. На всех станциях и переходах отчетливо прослеживалось каменистое дно исследуемой бухты.

В толще вод зафиксировано повышенное содержание РОВ: 2.22–2.41 мг/л на поверхности и 2.24–2.54 мг/л у дна. Максимальная концентрация этого вещества наблюдалась в кутовой части бухты (рис. 3, d; 4, d). Для сравнения: в центре Черного моря и в прибрежных водах Крыма концентрация этой величины около 2 мг/л [13, 14].

Идентичность структуры рассмотренных выше полей (локальное распреснение и повышенное содержание ОВВ и РОВ в кутовой части бухты, которые могут быть вызваны как природными, так и антропогенными факто-

Р и с . 4. Распределение температуры (°C) (а), солености (ЕПС) (b), концентрации ОВВ (мг/л) (с), концентрации РОВ (мг/л) (d) в придонном слое вод Абрамовой бухты в ноябре 2019 г.

Fig. 4. Distribution of temperature (°C) (a), salinity (PSU) (b), TSM concentration (mg/L) (c), DOM concentration (mg/L) (d) in the bottom layer of the Abramova Bay waters in November 2019



рами) – возможное свидетельство того, что поля этих величин формируются одним и тем же источником. Он находится в кутовой части бухты и может быть как природным, так и антропогенным.

Структура поля концентрации РН качественно отличалась от структуры полей солености и концентрации ОВВ и РОВ. Максимум содержания РН (1.04–1.06 отн. ед.) наблюдался в центральной части бухты, а конфигурация изолиний поля этого элемента и направление преобладающего вдольберегового течения указывает на адвективное (перенос от запада) происхождение данного экстремума. РН не выявлены у восточного берега бухты. Их концентрация на этом участке была меньше единицы (рис. 5).

Заключение

По данным экспедиции, проведенной в ноябре 2019 г., впервые получены представления о течениях, термохалинной структуре и полях содержания ОВВ, РОВ и концентрации РН в акватории Абрамовой бухты.

В бухте выявлена циклоническая циркуляция вод. В ее мористой области наблюдался направленный на запад поток ветрового течения со скоростью 15–30 см/с в верхнем слое моря и 10–20 см/с у дна. В южной мелководной части бухты отмечено вдольбереговое течение с восточной составляющей

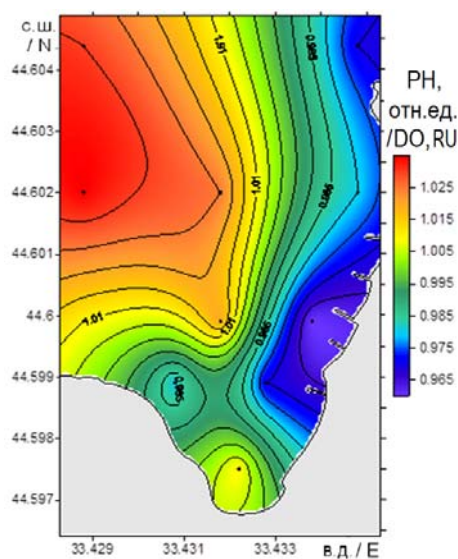


Рис. 5. Содержание растворенных нефтепродуктов (отн. ед.) в верхнем слое вод Абрамовой бухты в ноябре 2019 г.

Fig. 5. Content of dissolved oil products (DO) (relative units, RU) in the surface layer of the Abramova Bay waters in November 2019

и скоростью 5–15 см/с, которое омывало ее береговую линию по циклонической траектории.

Вертикальная структура полей анализируемых величин, за исключением поля РН, была сформирована процессом осенне-зимней конвекции. Поля этих величин характеризовались высокой степенью однородности

на всей акватории бухты. В отличие от расположенных рядом бухт, в кутовой части Абрамовой бухты вертикальная стратификация термохалинного поля отсутствовала. Локальный минимум солености и максимумы концентрации ОБВ и РОВ, обнаруженные в кутовой части исследуемой бухты, – следствие влияния источника пресной воды, который может быть как природным, так и антропогенным.

Показано, что в водах Абрамовой бухты содержатся РН, вероятный источник которых расположен в море.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nutrient content seasonal dynamics and local sources in the Heracleian Peninsula coastal waters / E. E. Sovga [et al.] // *Physical Oceanography*. 2017. Iss. 1. P. 53–61. doi:10.22449/1573-160X-2017-1-53-61
2. *Стокозов Н. А.* Морфометрические характеристики Севастопольской и Балаклавской бухт // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. Вып. 23. С. 198–208.
3. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов / В. А. Иванов [и др.]. Севастополь : МГИ НАНУ, 2006. 90 с. URL: http://mhi-ras.ru/assets/files/gidrologo-gidrohimicheskij_rezhim_sevastopolskoj_buhty_2006.pdf (дата обращения: 25.05.2020).
4. Современное состояние и тенденции изменения экосистемы Севастопольской бухты / Е. В. Павлова [и др.] // *Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу*. Севастополь : Аквавита, 1999. С. 70–94. URL: <https://repository.marine-research.org/handle/299011/5248> (дата обращения: 15.04.2020).
5. *Mikhailova E. N., Shapiro N. B., Yushchenko S. A.* Modelling of the propagation of passive impurities in Sevastopol bays // *Physical Oceanography*. 2001. Vol. 11, iss. 3. P. 233–247. <https://doi.org/10.1007/BF02508870>
6. *Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Гребнева Е. А.* Поля гидрофизических и гидрохимических элементов в бухтах Южная и Корабельная (Крым) в декабре 2018 года // *Системы контроля окружающей среды*. 2019. Вып. 3(37). С 44–50. doi:10.33075/2220-5861-2019-3-44-50

7. Ломакин П. Д., Чепыженко А. И. Оценка загрязнения вод Стрелецкой бухты (Крым), связанного с эксплуатацией флота // Эксплуатация морского транспорта. Новороссийск : Гос. морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2019. Вып. 3(92). С. 131–136. doi:10.34046/aumsuomt92/20
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. 13(33). С. 48–54. doi:10.33075/2220-5861-2019-1-48-54
9. *Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I.* Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // Proceedings of 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics (30 November 2017). Irkutsk, 2017. Vol. 10466, 104663G. doi:10.1117/12.2287127
10. *Chepyzhenko A. I., Chepyzhenko A. A.* Methods and device for in situ dissolved organic matter (DOM) monitoring in natural waters' environment // Proceedings of 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics (30 November 2017). Irkutsk, 2017. Vol. 10466, 104663S. doi:10.1117/12.2287797
11. Continuous Multi-Spectral Fluorescence and Absorption for Petroleum Hydrocarbon Detection in Near-Surface Ocean Waters: ZoNeC05 Survey, Fairway Basin area, Lord Howe Rise / D. Holdway [et al.]. Canberra : Australian Geological Survey Organization, 2000. Record 2000/35. 57 p. URL: https://d28rz98at9flks.cloudfront.net/34232/Rec2000_035.pdf (дата обращения: 3.04.2020).
12. Oil in the sea III: inputs, fates, and effects. Washington : The National Academies Press, 2003. 277 p. doi:10.17226/10388
13. *Lomakin P. D., Chepyzhenko A. I., Chepyzhenko A. A.* The total suspended matter concentration field in the Kerch Strait based on optical observations // Physical Oceanography. 2017. Iss. 6. P. 58–69. doi:10.22449/1573-160X-2017-6-58-69
14. *Хайлов К. М.* Экологический метаболизм в море. Киев : Наукова думка, 1971. 252 с.

Об авторах:

Ломакин Павел Демьянович, ведущий научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), доктор географических наук, профессор, **ResearcherID: V-7761-2017**, **Scopus Author ID: 6701439810**, **IstinaResearcherID (IRID): 18321047**, p_lomakin@mail.ru

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

Гребнева Елена Александровна, научный сотрудник, Институт природно-технических систем (299011, Россия, Севастополь, ул. Ленина, д. 28), enagrebneva12@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Ломакин Павел Демьянович – проведение экспедиции, написание основного текста статьи

Чепыженко Алексей Ильич – подготовка измерительного комплекса; проведение наблюдений за течениями, температурой, соленостью, концентрацией ОВВ и РОВ; обработка исходных данных; представление основного графического материала; написание части статьи, относящейся к методике выполненных наблюдений

Гребнева Елена Александровна – участие в организации экспедиции, подготовка части гидрохимической программы и соответствующего оборудования; проведение наблюдений за рН и РН; обработка массива по этим величинам и представление графического материала

Все авторы участвовали в заборных работах и интерпретации результата экспедиционных исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Sovga, E.E., Kondrat'ev, S.I., Godin, E.A. and Slepchuk, K.A., 2017. Nutrient Content Seasonal Dynamics and Local Sources in the Heracleian Peninsula Coastal Waters. *Physical Oceanography*, (1), pp. 53–61. doi:10.22449/1573-160X-2017-1-53-61
2. Stokozov, N.A., 2010. Morphometric Properties of the Sevastopol and Balaklava Bays. In: MHI, 2010. *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. 23, pp. 198–208 (in Russian).
3. Ivanov, V.A., Ovsyany, E.I., Repetin, L.N., Romanov, A.S. and Ignatyeva, O.G., 2006. *Hydrological and Hydrochemical Regime of the Sebastopol Bay and its Changing under Influence of Climatic and Anthropogenic Factors*. Sevastopol: MHI NAS of Ukraine, 90 p. (in Russian).
4. Pavlova, E.V., Ovsjanyi, E.I. Gordina, A.D., Romanov, A.S. and Kemp, R.B., 1999. Modern State and Tendencies of Change in Sevastopol Bay Ecosystem. In: E.V. Pavlova and N.V. Shadrin, eds., 1999. *Sevastopol Aquatory and Coast: Ecosystem Processes and Services for Human Society*. Sevastopol: Akvavita Publ., pp. 70–94 (in Russian).
5. Mikhailova, E.N., Shapiro, N.B. and Yushchenko, S.A., 2001. Modelling of the Propagation of Passive Impurities in Sevastopol Bays. *Physical Oceanography*, 11(3), pp. 233–247. <https://doi.org/10.1007/BF02508870>
6. Lomakin, P.D., Chepyzhenko, A.I. and Grebneva, E.A., 2019. Fields of Hydrophysical and Hydrochemical Elements in South and Ship Bays (Crimea) in December 2018. *Monitoring Systems of Environment*, (3), pp. 44–50. doi:10.33075/2220-5861-2019-3-44-50 (in Russian).
7. Lomakin, P.D. and Chepyzhenko, A.I., 2019. Estimation of Water Pollution of Streletskaya Bay (Crimea) Associated with Fleet Operation. In: Gos. morskoy universitet im. admirala F.F. Ushakova, 2019. *Ekspluatatsiya Morskogo Transporta*. Novorossiysk: AUMSU. Iss. 3(92), pp. 131–136. doi:10.34046/aumsuomt92/20 (in Russian).
8. Lomakin, P.D. and Chepyzhenko, A.I., 2019. Hydrophysical Conditions and Characteristics of Water Pollution of the Kazachya Bay (Crimea Region) in September of the Year 2018. *Monitoring Systems of Environment*, (13), pp. 48–54. doi:10.33075/2220-5861-2019-1-48-54 (in Russian).
9. Chepyzhenko, A.A. and Chepyzhenko, A.I., 2017. Methods and Device for in situ Total Suspended Matter (TSM) Monitoring in Natural Waters' Environment. In: G.G. Matvienko and O.A. Romanovskii, eds., 2017. *Proceedings of 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics (30 November 2017)*. Irkutsk, 2017. Vol. 10466, 104663G. doi:10.1117/12.2287127
10. Chepyzhenko A.I. and Chepyzhenko, A.A., 2017. Methods and Device for in situ Dissolved Organic Matter (DOM) Monitoring in Natural Waters' Environment. In: G.G. Matvienko and O.A. Romanovskii, eds., 2017. *Proceedings of 23rd*

International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics (30 November 2017). Irkutsk, 2017. Vol. 10466, 104663S. doi:10.1117/12.2287797

11. Holdway, D., Radlinski, A., Exon, N., Auzende, J-M. and Van de Beuque, S., 2000. *Continuous Multi-Spectral Fluorescence and Absorption for Petroleum Hydrocarbon Detection in Near-Surface Ocean Waters: ZoNeC05 Survey, Fairway Basin Area, Lord Howe Rise*. Canberra: Australian Geological Survey Organization, Record 2000/35, 57 p. Available at: https://d28rz98at9flks.cloudfront.net/34232/Rec2000_035.pdf [Accessed: 2 June 2020].
12. Transportation Research Board and National Research Council, 2003. *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington: The National Academies Press. 277 p. doi:10.17226/10388
13. Lomakin, P.D., Chepyzhenko, A.I. and Chepyzhenko, A.A., 2017. The Total Suspended Matter Concentration Field in the Kerch Strait Based on Optical Observations. *Physical Oceanography*, (6), pp. 58–69. doi:10.22449/1573-160X-2017-6-58-69
14. Khailov, K.M., 1971. [*Ecological Metabolism in the Sea*]. Kiev: Naukova Dumka, 252 p. (in Russian).

About the authors:

Pavel D. Lomakin, Leading Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), Dr.Sci. (Geogr.), professor, **ResearcherID: V-7761-2017**, **Scopus Author ID: 6701439810**, **IstinaResearcherID (IRID): 18321047**, p_lomakin@mail.ru

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

Elena A. Grebneva, Research Associate, Institute of Natural and Technical Systems (28 Lenina St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), enagrebneva12@gmail.com

Contribution of the authors:

Pavel D. Lomakin – expedition carrying out, composition of the main part of the article

Alexey I. Chepyzhenko – measuring complex preparation; performance of observations of currents, temperature, salinity, total suspended matter and dissolved organic matter concentration; source data processing; provision of main graphics; composition of the article part regarding the performed observation methods

Elena A. Grebneva – participation in the expedition organization; preparation of the part of hydrochemical programme and appropriate equipment; performance of observations of pH and dissolved oil products; processing of the data set regarding these parameters and provision of graphics

All the authors participated in oversight works and interpretation of the expedition research results.

All the authors have read and approved the final manuscript.