Системы контроля окружающей среды № 1 (59) 2025

https://elibrary.ru/dyerdt

УДК 504+551. 465 DOI: 10.33075/2220-5861-2025-1-61-70

ПРИРОДНОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ОБЩЕЕ ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

П.Д. Ломакин, А.И. Чепыженко

Морской гидрофизический институт РАН,
РФ, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: p_lomakin@mail.ru

На основе данных серии экспедиций, проведенных Морским гидрофизическим институтом и другими научно-исследовательскими институтами г. Севастополя в 2006–2019 гг., проанализирована структура поля концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ) в бухтах и прибрежных водах Гераклейского полуострова. Разделены природная и антропогенная составляющие в поле концентрации рассматриваемого вещества. Выявлены основные источники антропогенной взвеси, оценен линейный масштаб их влияния на окружающее водное пространство. Показано, что в водах, которые не испытывают антропогенное воздействие, характерная концентрация ОВВ (условная природная норма) равна 0.8 мг/л. Наиболее значимые источники антропогенного ОВВ расположены на открытых участках исследуемой акватории – это коллекторы сточных вод г. Балаклава и г. Севастополя, а также нефтяной терминал на мысе Манганари. Горизонтальный масштаб влияния этих объектов 0.5–1.5 мили. ОВВ антропогенного происхождения, концентрация которого в 3–12 раз превышает природную норму, а источник представлен материковым стоком, постоянно присутствует в кутовых частях всех исследованных бухт. В бухтах ОВВ антропогенной природы также обнаружено в акватории рыбного порта, в районе дельфинария и на участках, примыкающим к жилым массивам, рыболовецким кооперативам, стоянкам судов. Горизонтальный масштаб влияния источников антропогенного ОВВ в бухтах изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Ключевые слова: общее взвешенное вещество, соленость, антропогенное воздействие, севастопольские бухты, Гераклейский полуостров, Черное море

Поступила в редакцию: 27.11.2024. После доработки: 23.01.2025. Принята к печати: 20.03.2025.

Введение. Содержание общего взвешенного вещества (ОВВ) – один из лучших показателей качества водной среды [1].

В прибрежных водах океанов и морей, особенно на урбанизированных участках побережья, поле концентрации ОВВ включает как природную, так и антропогенную составляющую. Разделение этих компонентов представляется обязательным этапом, реализация которого позволяет на количественном уровне оценить степень антропогенной нагрузки на исследуемые акватории, определить источники загрязнения водной среды, проследить траектории распространения загрязняющих веществ.

Цель предлагаемой статьи – выявить особенности структуры поля концентрации ОВВ, разделить природную и антропогенную составляющие в фактическом поле концентрации данного вещества в бухтах Гераклейского полуострова и смежных открытых участков взморья. Определить основные источники антропогенного воздействия на водную среду в структуре исследуемого поля, оценить линейный масштаб их влияния.

Исследуемая акватория – прибрежные воды Гераклейского полуострова, включающие акваторию расположенных по его периметру следующих бухт: Балаклавская, Казачья, Камышовая, Круглая, Стрелецкая, Южная (рис. 1).

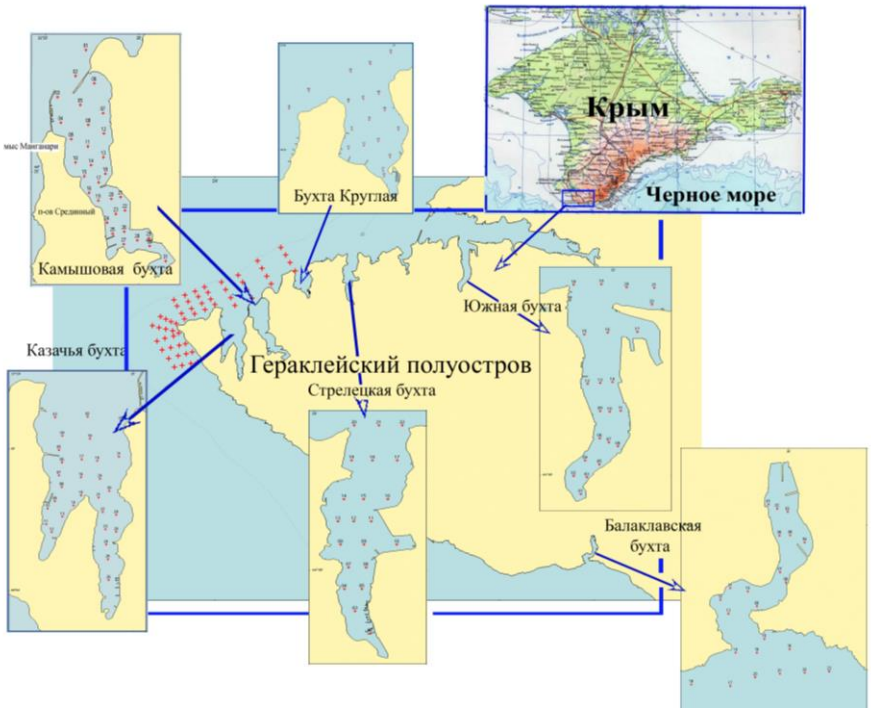

Рис. 1. Исследуемая акватория на карте Гераклейского полуострова с обозначением расположения океанологических станций
Fig. 1. The studied water area on the map of the Heraclean Peninsula with the location of oceanographic stations indicated

Исходные данные и методы исследования. В качестве исходных данных использованы материалы серии комплексных экспедиций, которые были проведены севастопольскими научно-исследовательскими учреждениями: Морским гидрофизическим институтом (МГИ), Институтом биологии южных морей (ИнБЮМ), Институтом природно-технических систем (ИПТС) в 2006–2019 гг. при непосредственном участии авторов настоящей статьи (табл. 1).

Таблица 1. Сведения об экспедициях и содержании ОВВ в поверхностном слое в бухтах и в открытых прибрежных водах Гераклейского полуострова

Организация	Участок акватории, дата съемки	К-во станций	min-max, мг/л
ИнБЮМ	Балаклавская бухта, август 2006 г	21	1-10
ИнБЮМ	Казачья бухта, сентябрь 2018 г	28	0,4-3,5
МГИ+ИПТС	Камышовая бухта, ноябрь 2019 г	28	0,2-3,5
МГИ+ИнБЮМ	бухта Круглая, август 2019 г	21	1,4-4,2
МГИ+ИПТС	Стрелецкая бухта, ноябрь 2018 г	21	0,2-2,2
МГИ+ИПТС	Южная бухта, декабрь 2018 г	22	0,4-2,6
МГИ	Взморье у Балаклавы, август 2006 г	10	1-19
МГИ	Взморье у западного берега Гераклейского п-ва, август 2019 г	68	0,4-2,5

Видно, что концентрация ОВВ в исследуемой акватории изменялась в широком диапазоне, от 0,2 до 19 мг/л.

Вся анализируемая информация получена посредством эксплуатации одного прибора. Это погружной автономный гидробиофизический мультипараметрический оптический зонд «Кондор» – «НПП «Аквастандарт», ТУ 431230-006-00241904-2015; код ТН ВЭД ЕАЭС 9027 50 000 0; Сертификат ЕАЭС N RU Д-RU.ЭМ03.А.00096/19 (URL: http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor (дата обращения: 29 октября 2024 г)), применявшийся в ходе океанологических съемок.

Концентрация ОВВ определялась при помощи спектрального измерителя коэффициента ослабления света (прозрачномер) на длине волны 660 нм, который включен в функциональную схему зондирующего оптического комплекса «Кондор».

В ходе каждого зондирования с дискретностью по глубине 0,1 м синхронно (in situ) фиксировались концентрация ОВВ, температура и соленость.

Точность определения концентрации ОВВ ±0.20 мг/л. Диапазон исследованных глубин 0,5–30 м.

Существует простой метод обнаружения любого вещества антропогенного происхождения в водной среде. Его ареал в поле концентрации представлен в виде локальных максимумов – отдельных пятен, линз, шлейфов с повышенной на окружающем фоне концентрацией и свидетельствует о присутствие вещества там, где оно не предусмотрено природой [2].

Использование этого метода в рамках решаемой задачи предполагает знание фоновой природной концентрации ОВВ в водах рассматриваемого региона.

Для открытой глубоководной части Черного моря она известна и равна 0.2 мг/л [3]. Примерно такая же фоновая концентрация природного поля ОВВ (0.15–0.30 мг/л) свойственна поверхностным водам открытых акваторий Тихого и Атлантического океана [4, 5].

Вследствие особенностей гидрометеорологических условий, влияния материкового стока, берега, дна, активных гидрофизических и биохимических процессов в прибрежных водах океанов и морей природная фоновая концентрация ОВВ выше отмеченных значений, и в пределах одного и того же бассейна она может иметь существенные региональные различия [6–8].

Обсуждение результатов. Отметим характерное свойство структуры поля концентрации ОВВ – наличие локальных максимумов, которых, согласно мнению авторов работы [2], не должно быть в природе. Эти образования наблюдались в водах всех рассмотренных бухт и на открытых прибрежных участках (рис. 2, 3).

Типичная для рассматриваемого региона природная концентрация ОВВ определена следующим образом. Из всех построенных распределений концентрации рассматриваемой величины в поверхностно слое моря (рис. 2, 3) были исключены локальные максимумы с концентрацией более 1 мг/л.

Оставшаяся относительно однородная выборка, в диапазоне 0.2–1.0 мг/л, содержала незначительную антропогенную составляющую в поле концентрации ОВВ. Соленость выборки изменялась в интервале 18.2–18.4 ЕПС и соответствовала солености открытых вод Черного моря. Выборка отражала фоновую природную концентрацию ОВВ в водах исследуемого региона.

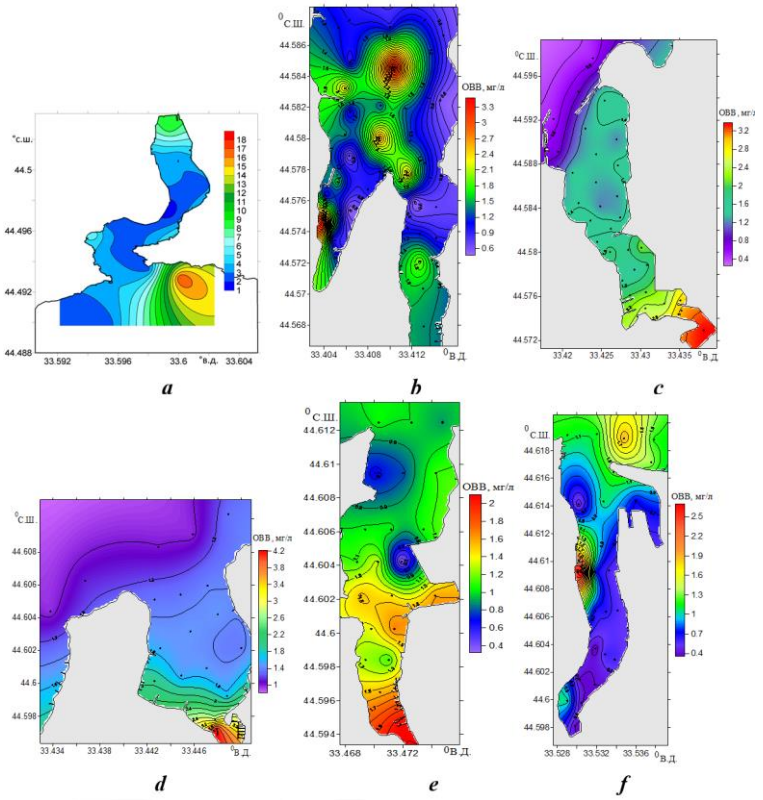

Рис. 2. Концентрация ОВВ (мг/л) в поверхностном слое вод в бухтах Гераклейского полуострова: Балаклавская бухта, август 2006 г. – a; Казачья бухта, сентябрь 2018 г. – b; Камышовая бухта, ноябрь 2019 г. – c; бухта Круглая, август 2019 г. – d; Стрелецкая бухта, ноябрь 2018 г. – e; Южная бухта, декабрь 2018 г. – f

Fig. 2. Concentration of TSM (mg/l) in the surface layer of waters in the bays of the Gerakleyiskyi Peninsula: Balaklava Bay, August 2006 – a; Kazachya Bay, September 2018 – b; Kamyshovaya Bay, November 2019 – c; Kruglaya Bay, August 2019 – d; Streletskaya Bay, November 2018 – e; Yuzhnaya Bay, December 2018 – f

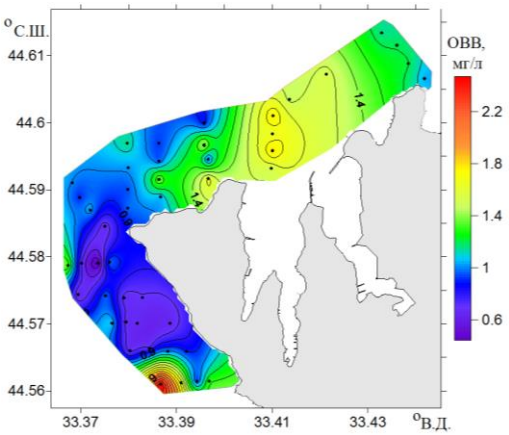

Рис. 3. Концентрация ОВВ (мг/л) в поверхностном слое моря у западного берега Гераклейского полуострова в августе 2019 г.

Fig. 3. Concentration of TSM (mg/l) in the surface layer of the sea off the western coast of the Heraclean Peninsula in August 2019

Для удобства использования данного числового критерия, диапазон природной концентрации ОВВ заменен конкретным значением. По гистограмме повторяемости, рассчитанной для диапазона 0,2–1,0 мг/л, была выбрана наиболее часто наблюдавшаяся (31%) концентрация ОВВ – 0.8 мг/л (рис. 4).

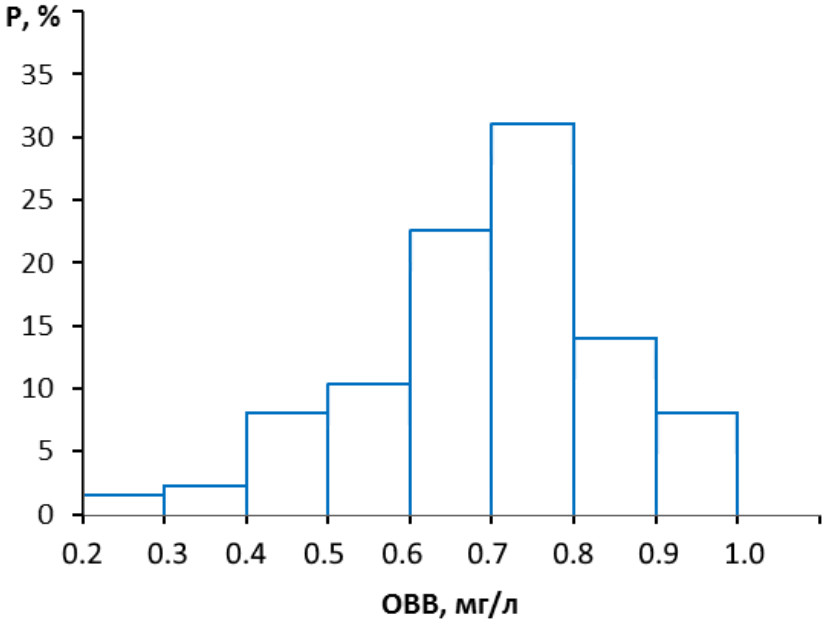

Рис. 4. Гистограмма повторяемости концентрации ОВВ (мг/л) с незначительной антропогенной составляющей в поверхностном слое вод рассматриваемого региона
Fig. 4. Histogram of the frequency of TSM concentration (mg/l) with an insignificant anthropogenic component in the surface layer of waters of the region under consideration

Это значение, условно названное нами природной нормой, принято в качестве природной фоновой концентрации ОВВ для исследуемого региона и использовано при анализе структуры фактического поля концентрации рассматриваемой величины, и, в частности для определения наиболее загрязненных участков и источников антропогенной взвеси (рис. 5).

На открытых участках исследуемой акватории находятся три наиболее мощных источника антропогенного ОВВ. Это коллекторы сточных вод г. Балаклава и г. Севастополь, и нефтяной терминал (рис. 5, источники 1–3).

Абсолютный локальный максимум до 19 мг/л, то в 24 раза выше природной нормы, зафиксирован нами в августе 2006 г. на подходе к восточному берегу Балаклавской бухты (рис. 2а). Данный экстремум связан с коллектором сточных вод г. Балаклавы (рис. 5, источник 1).

На этом участке моря вся толща вод содержала антропогенную взвесь, которая в основном была сконцентрирована в верхнем слое толщиной 3–7 м. В центре пятна с максимальной концентрацией ОВВ соленость была пониженной относительно окружающего фона на 0.2–0.5 ЕПС. Масштаб влияния данного источника примерно 0.6–1.0 миля.

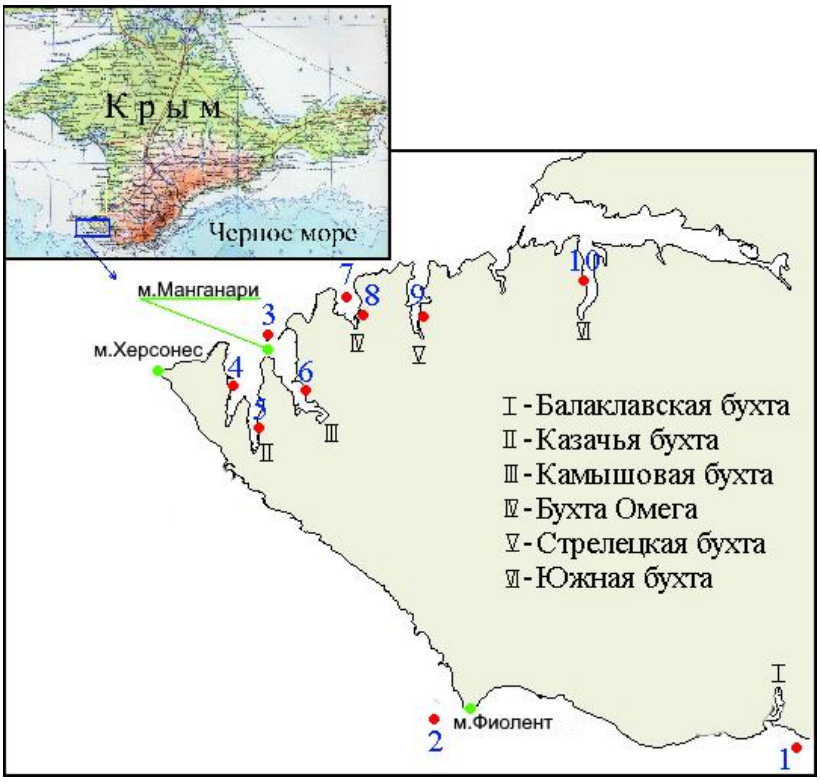

Рис. 5. Основные источники (точки красного цвета) ОВВ антропогенной природы
Fig. 5. Main sources (red dots) of anthropogenic HSM

У мыса Фиолент расположен коллектор сточных вод г. Севастополя (рис. 5, источник 2). В районе коллектора в подповерхностном слое нами были обнаружены отдельные линзы пониженной солености с концентрацией ОВВ в 2–3 раза выше природной нормы. Влияние этого источника антропогенной взвеси распространено между мысами Фиолент и Херсонес, в прибрежной полосе 0.5–1.5 мили (рис. 3).

Следующий значимый источник антропогенного ОВВ – нефтяной терминал, находящейся на мысе Манганари (рис. 5, источник 3). Влияние этого объекта распространяется на прибрежную полосу открытого моря протяженностью 0.5–1,0 мили, от мыса Херсонес до бухты Омега и на примыкающие бухты, Стрелецкую и Камышовую (рис. 3).

Отметим, что нефтяной терминал, как источник загрязнения прибрежных вод севастопольского региона, практически, не изучен. Он даже не отмечен, как объект загрязнения, в наиболее полном современном исследовании источников загрязнения прибрежных вод Севастополя [9]

Структура поля ОВВ в исследуемых бухтах в существенной мере определяется их морфометрическими особенностями.

Все анализируемые бухты расположены по периметру Гераклейского полуострова, и, вследствие общей геологической истории, обладают рядом сходных морфометрических признаков. Они представляют собой подводное продолжение балок. Бухты и впадающие в них балки меридионально ориентированы [10] [https://vse-o-kryme.jimdofree.com/] (рис. 1, 5).

С водосборов балок и смежных территорий с загрязненным материковым стоком в бухты поступает ОВВ антропогенной природы. Это вещество оседает и

накапливается в кутовых частях бухт, откуда ветровыми течениями выносится в открытые воды. Поэтому в кутовых частях всех рассматриваемых бухт постоянно присутствует значимый локальный максимум концентрации антропогенного ОВВ (рис. 2).

Максимальное содержание ОВВ 5–10 мг/л, что в 6.2–12.5 раз выше природной нормы, и минимальная соленость 13–17 ЕПС свойственны изолированной кутовой части Балаклавской бухты (рис. 2 a). Эта часть бухты аккумулирует ливневой и промышленный стоки и сток загрязненной речки Балаклавка. Здесь находится плотная стоянка маломерных судов, которая также представляет собой источник антропогенного ОВВ [11].

В кутовых частях других анализируемых бухт, которые по сравнению с Балаклавской бухтой менее изолированы от моря и распреснены, концентрация ОВВ изменяется в интервале 2.5–4.2 мг/л, что в 3.1–5.2 раза выше природной нормы (рис. 2). Соленость в кутовых частях в этих бухтах, 16–17.5 ЕПС.

В центральных и открытых областях исследуемых бухт наблюдались локальные максимумы концентрации ОВВ антропогенной природы, источники которых расположены как на берегу, так и в море.

Ярко выраженные насыщенные антропогенной взвесью линзы вод с вертикальным и горизонтальным масштабом ~10/400 м, вынесенные ветровым течением из района нефтяного терминала в Казачью бухту, были зафиксированы нами в сентябре 2018 г [12] (рис. 2b). В этой бухте выявлены еще два источника антропогенной взвеси, дельфинарий и жилой массив. Данные объекты расположены соответственно на западном и восточном берегах Казачьей бухты (рис. 5, источники 4 и 5).

Терминал на мысе Манганари также загрязняет прилегающую к нему северную часть Камышовой бухты, где содержание ОВВ в 1.5–2.6 раз превосходило природную норму. Другой источник антропогенной взвеси – Морской рыбный порт, находящийся у восточного берега этой бухты (рис. 5, источник 6). В акватории порта содержание исследуемого вещества в 3–3.3 раза превышало природную норму (рис. 2c).

Воды бухты Круглой и смежного участок взморья отличаются высоким содержанием ОВВ (3–4 мг/л) существенно превышающим природную норму (рис. 2d). Источник, обеспечивающий поступление ОВВ антропогенной природы в бухту, связан с каменистым поднятием дна, которое расположено в ее центральной части (рис. 5, источник 7).

Установлено, что мелкодисперсный речной песок, которым ежегодно в начале курортного сезона засыпаются пляжи бухты, выносится ветром, попадает в воду и осаждается в районе поднятия дна. Волнение и течения способствуют взмучиванию и распространению ОВВ из района поднятия дна на акваторию всей бухты и прилегающего участка взморья [13].

Постройки и причалы рыболовецких кооперативов в бухте Круглой и в Стрелецкой бухте представляют собой источники антропогенного ОВВ. В окрестности этих объектов постоянно присутствует локальный максимум ОВВ, превосходящий природную норму в 2–3 раза (рис. 5, источники 8 и 9; рис. 2d, e).

В Южной бухте, которая по данным гидрохимических исследований [14], считается наиболее загрязненной из всех бухт Севастополя, отмечено минимальное содержание ОВВ. На большей части ее акватории концентрация ОВВ соответствовала природной норме. Лишь в районе стоянки судов она превышала норму в 2.8–3.2 раза (рис. 5, источник 10; рис. 2 f).

Это особенность может быть объяснена следующим образом. В изолированной от ветра Южной бухте, как правило, отсутствует волнение. К тому же анализируемая съемка (рис. 2f) была выполнена в декабре, во время интенсивного выхолаживания поверхности моря и развитой конвекции. В бухте наблюдался полный штиль, и отсутствовало волнение.

Горизонтальный масштаб влияния источников антропогенного ОВВ в бух-

тах, меньший по сравнению с источниками, расположенными в открытой акватории, и изменяется в интервале от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Заключение. На основе данных серии экспедиций, проведенных МГИ, ИнБЮМ, ИПТС в 2006–2019 гг., выделена природная составляющая в поле концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ), выявлены основные источники ОВВ антропогенной природы, оценен линейный масштаб их влияния на открытых прибрежных участках моря и в бухтах Гераклейского полуострова.

Показано, что в водах, неподверженных антропогенному воздействию, характерная концентрация ОВВ (условная природная норма) равная 0.8 мг/л.

Значимые источники антропогенного ОВВ в прибрежных открытых водах исследуемого региона – коллекторы сточных вод г. Балаклава и г. Севастополь, а также нефтяной терминал на мысе Манганари. Масштаб влияния этих объектов оценивается в 0.5–1.5 мили от мест их расположения.

ОВВ антропогенного происхождения, концентрация которого в 3–12 раз превышает природную норму, а источник представлен материковым стоком, постоянно присутствует в кутовых частях всех исследованных бухт. Наибольшая концентрация антропогенного ОВВ отмечена в изолированной кутовой части Балаклавской бухты.

В бухтах ОВВ антропогенной природы также обнаружено на участках, примыкающих к рыбному порту, жилым массивам, рыболовецким кооперативам, стоянкам судов, дельфинарию. Масштаб влияния соответствующих источников – от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № FNNN-2024–0016. «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Eisma D.* Suspended Matter in the Aquatic Environment. Springer Berlin. 2011. P. 315. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77722-6.

2. *Chapman P.M., Hayward A., Faithful J.* Total Suspended Solids Effects on Freshwater Lake Biota Other than Fish // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. V. 99. P. 423–427. DOI: 10.1007/s00128-017-2154-y.

3. *Хайлов К.М.* Экологический метаболизм в море. Киев: Наукова думка. 1971. С. 250.

4. *Chen J., Quan W., Cui T., and et al.* Estimation of total suspended matter concentration from MODIS data using a neural network model in the China eastern coastal zone. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 20 March 2015. V. 155. P. 104–113. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.01.018

5. *Klyuvitkin A., Burenkov V.I. , Sheberstov S.V.* Suspended Particulate Matter Concentration and Composition in the Surface Layers of the Atlantic Ocean derived from Data of Ocean Color Scanner MODIS. April 2010. Conference: 4th “Ocean from Space” Symposium. At: Venice. Italy.

6. *Kyryliuk D., Kratzer S.* Summer Distribution of Total Suspended Matter Across the Baltic Sea. Frontiers in Marine Science. 5:504. 2019. doi: 10.3389/fmars.2018.00504

7. *Neukermans G., Ruddick K., Bernard E., and et al.* Mapping total suspended matter from geostationary satellites: a feasibility study with SEVIRI in the Southern North Sea. // Opt. Express 17. P. 14029–14052 (2009).

8. *Azidan H. , Haddout S., Alawad K. A.* Mapping total suspended matter along Moroccan coast using satellite data series. May 2021. Modeling Earth Systems and Environment. DOI: 10.1007/s40808-021-01179-4.

9. *Грузинов В.М., Дьяков Н.Н., Мезенцева И.В.* и др. Источники загрязнения прибрежных вод севастопольского района. Океанология. 2019. Т. 59. № 4. С. 579–590. DOI:10.31857/S0030‑1574594579‑590.

10. *Кириченко Л.П., Лебединский В.И.* Крым – музей под открытым небом. Симферополь: изд. «Сонат». 2002. С.184. https://jalita.com/guidebook/crimea/gerakleiskiy_geology.shtml

11. *Ломакин П.Д., Попов М.А.* Океанологическая характеристика и оценка загрязнения вод Балаклавской бухты. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2013. С. 220.

12. *Ломакин П.Д., Чепыженко А.А.* Гидрофизические условия и характеристика загрязнения вод бухты Казачья (Крым) в сентябре 2018 года. // Системы контроля окружающей среды. 2019. № 13 (33). С. 48–54. DOI: 10.33075/2220-5861-2019-1-48-54.

13. *Ломакин П.Д., Рябцев Ю.Н., Чепыженко А.И.* Исследование источников и распространения взвешенного вещества в бухте Омега (Крым) на основе экспедиционных данных и численного моделирования // Системы контроля окружающей среды. 2021. № 3 (45). С 59–67. DOI: 10.33075/2220-5861-2021-3-59-67.

14. *Hydrological* and hydrochemical regime of Sevastopol Bay and its changes under the influence of climatic and anthropogenic factors / V.A. Ivanov [et al.]. Sevastopol. 2006. 90 p. (Preprint/MGI). URL:http://mhiras.ru/assets/files/gidrologo-gidrohimicheskij_rezhim_sevastopolskoj_buhty_2006.pdf (date of access: 01.06.2023).

NATURAL AND ANTHROPOGENIC TOTAL SUSPENDED MATTER IN COASTAL WATERS OF THE HERACLEOAN PENINSULA (BLACK SEA)

P.D. Lomakin, A.I. Chepyzhenko

Marine Hydrophysical Institute of RAS, RF, Sevastopol, Kapitanskaya St., 2
E-mail: p_lomakin@mail.ru

Based on data from a series of expeditions conducted by the Marine Hydrophysical Institute and other research institutes in Sevastopol in 2006–2019, the structure of the concentration field of total suspended matter (TSM) in the bays and coastal waters of the Heraclean Peninsula is analyzed. The natural and anthropogenic components in the concentration field of the substance in question are separated. The main sources of anthropogenic suspended matter are identified, and the linear scale of their influence on the surrounding water space is assessed. It is shown that in waters that do not experience anthropogenic impact, the characteristic concentration of TSM (conditional natural norm) is equal to 0.8 mg/l. The most significant sources of anthropogenic TSM are located in open areas of the studied water area – these are wastewater collectors in the cities of Balaklava and Sevastopol, as well as the oil terminal at Cape Manganari. The horizontal scale of influence of these objects is 0.5–1.5 miles. TSM of anthropogenic origin, the concentration of which is 3–12 times higher than the natural norm, with the source represented by continental runoff, is constantly present in the kut parts of all studied bays. In bays, TSM of anthropogenic nature was also found in the water area of the fishing port, in the area of the dolphinarium and in areas adjacent to residential areas, fishing cooperatives, and ship moorings. The horizontal scale of influence of anthropogenic TSM sources in bays varies from several tens to several hundred meters.
Keywords: total suspended matter, salinity, anthropogenic impact, Sevastopol bays, Heraclean Peninsula, Black Sea

REFERENCES

1. *Eisma D.* Suspended Matter in the Aquatic Environment. ISBN 978-3-642-77724-0. Springer Berlin, 2011, 315 p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77722-6

2. *Chapman P.M., Hayward A., and Faithful J.* Total Suspended Solids Effects on Freshwater Lake Biota Other than Fish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 99, pp. 423–427. DOI: 10.1007/s00128-017-2154-y

3. *Khailov K.M.* Ekologicheskij metabolizm v more (Ecological metabolism in the sea). *Naukova Dumka*, 1971, 250 p.

4. *Chen J., Quan W., Cui T., and et al.* Estimation of total suspended matter concentration from

MODIS data using a neural network model in the China eastern coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20 March 2015, Vol. 155, pp. 104–113. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.01.018

5. *Klyuvitkin A., Burenkov V.I., and Sheberstov S.V.* Suspended Particulate Matter Concentration and Composition in the Surface Layers of the Atlantic Ocean derived from Data of Ocean Color Scanner MODIS. April 2010, Conference: 4th "Ocean from Space" Symposium. At: Venice, Italy.

6. *Kyryliuk D. and Kratzer S.* Summer Distribution of Total Suspended Matter Across the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, 5:504. 2019, doi: 10.3389/fmars.2018.00504

7. *Neukermans G., Ruddick K., Bernard E., and et al.* Mapping total suspended matter from geostationary satellites: a feasibility study with SEVIRI in the Southern North Sea. Opt. Express 17, 2009, pp. 14029–14052.

8. *Azidan H., Haddout S., and Alawad K.A.* Mapping total suspended matter along Moroccan coast using satellite data series, May 2021. *Modeling Earth Systems and Environment*. DOI: 10.1007/s40808-021-01179-4

9. *Gruzinov V.M., Dyakov N.N., Mezentseva I.V., and et al.* Istochniki zagryazneniya pribrezhnyh vod Sevastopol'skogo rajona (Sources of pollution of coastal waters of the Sevastopol region). *Okeanologiya*, 2019, Vol. 59, No. 4, pp. 579–590. DOI: 10.31857/S0030‑1574594579‑590

10. *Kirichenko L.P. and Lebedinsky V.I.* Krym – muzej pod otkrytym nebom (Crimea – an open-air museum). Simferopol: Sonat Publishing House, 2002, 184 p.
https://jalita.com/guidebook/crimea/gerakleiskiy_geology.shtml

11. *Lomakin P.D. and Popov M.A.* Okeanologicheskaya harakteristika i ocenka zagryazneniya vod Balaklavskoj buhty (Oceanological characteristics and assessment of pollution of waters of Balaklava Bay). Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika, 2013, 220 p.

12. *Lomakin P.D. and Chepyzhenko A.A.* Gidrofizicheskie usloviya i harakteristika zagryazneniya vod buhty Kazach'ya (Krym) v sentyabre 2018 goda (Hydrophysical conditions and characteristics of water pollution in Kazachya Bay (Crimea) in September 2018). *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, 2019, Vol. 13 (33), pp. 48–54. DOI: 10.33075/2220-5861-2019-1-48-54

13. *Lomakin P.D., Ryabtsev Yu.N., and Chepyzhenko A.I.* Issledovanie istochnikov i rasprostraneniya vzveshennogo veshchestva v buhte Omega (Krym) na osnove ekspedicionnyh dannyh i chislennogo modelirovaniya (Study of sources and distribution of suspended matter in Omega Bay (Crimea) based on expeditionary data and numerical modeling). *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, 2021, Vol. 3 (45), pp. 59–67. DOI: 10.33075/2220-5861-2021-3-59-67

14. *Ivanov V.A.* Hydrological and hydrochemical regime of Sevastopol Bay and its changes under the influence of climatic and anthropogenic factors. Sevastopol, 2006, 90 p. (Preprint/MGI). URL: http://mhi-ras.ru/assets/files/gidrologo-gidrohimicheskij_rezhim_sevastopolskoj_buhty_2006.pdf (June 01, 2023)