

УДК 504+551.465  
DOI: 10.34046/aumsuomt92/20

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД СТРЕЛЕЦКОЙ БУХТЫ (КРЫМ), СВЯЗАННОГО С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ФЛОТА

*П.Д. Ломакин, доктор географических наук, профессор.*

*А.И. Чепыженко. Кандидат технических наук, старший научный сотрудник.*

На базе данных экспедиции, организованной Российским географическим обществом (г. Севастополь) в ноябре 2018 года, проанализирована структура полей температуры, солености, содержания общего взвешенного вещества (ОВВ), растворенного органического вещества (РОВ) и концентрации растворенных нефтепродуктов (НП) в Стрелецкой бухте. Выявлены закономерности термохалинной структуры. Определены источники загрязнения рассматриваемой акватории и участки накопления загрязняющих веществ. Оценена степень загрязнения ее вод избыточной взвесью, растворенным органическим веществом искусственного происхождения и растворенными нефтепродуктами. Показано, что вертикальная термохалинная структура вод в Стрелецкой бухте формировалась процессами взаимодействия распресненных и выхоложенных на мелководье вод ее кутовой части с солеными и относительно теплыми морскими водами. Более легкий верхний слой способствовал формированию устойчивой плотностной стратификации, которая, препятствовала конвективному обмену. В результате на преобладающей части рассматриваемой акватории в верхнем слое толщиной 8-15 м образовалась ярко выраженная термическая инверсия. Горизонтальная структура термохалинного поля характеризовалась наличием отчетливо выраженных фронтальных разделов между водами кутовой части и водами мористой области бухты. Выявлены три источника загрязнения вод рассмотренной акватории. Это расположенный в кутовой части бухты рыболовецкий кооператив «Причал-75», стоянки судов у восточного и западного берегов в срединной части и находящийся на северо-западном берегу бухты коллектор сточных вод.

**Ключевые слова:** температура, соленость, загрязнение, ОВВ, РОВ, растворенные нефтепродукты, Стрелецкая бухта, Крым.

On the basis of expedition data, organized by the Russian geographical society (Sevastopol) in November of the year 2018, the structure of the fields of temperature, salinity, content of the total suspended matter (TSM), content of the dissolved organic matter (DOM), and the concentrations of dissolved petroleum (DP) in Streletskaia Bay are analyzed. The sources of pollution considered areas and the plots of contaminants accumulation are identified. The degree of pollution of the Bay of excess toxic total suspended matter, of dissolved organic matter of artificial origin and dissolved petroleum is evaluated. It is shown that the vertical thermohaline structure in the Streletskaia bay was formed by the processes of co-operation of waters with subzero salinity and temperature, which were in her shallow sites, with the salt and relatively warm waters of the bay mouth. Easier upper layer assisted to forming of the steady density stratification that prevented to the convective exchange. As a result on the prevailing part of the investigated aquatorium the brightly expressed thermal inversion was formed. The horizontal structure of the thermohaline field was characterized by the presence of the clearly expressed frontal sections between waters of the shallow sites and waters of the bay mouth. The three sources of waters pollution of the considered aquatorium are deduced. First is the fishing cooperative store of "Prichal-75", located in shallow sites of the bay. Next source is presented by the stands of ships at the east and western banks in the middle part of the bay. And then source is connected with collector of effluents. It located in the north-western side of the bay.

**Keywords:** temperature, salinity, pollution, TSM, DOM, DP, Streletskaia Bay, Crimea.

### Введение

Стрелецкая бухта расположена на юго-западном побережье Крымского полуострова, в Гагаринском районе Севастополя. Соседние с ней бухты – Круглая (на западе) и Песочная (на востоке). У берегов Стрелецкой бухты обустроено два жилых комплекса.

Исторически бухта использовалась для корабельных стоянок. С момента основания Севастополя и до войны в Стрелецкой бухте проводились учебные стрельбы и стояли плавучие мишени. В настоящее время в кутовой части бухты находится система причальных линий и якорных стоянок маломерных судов, – различных рыболовецких лодок и яхт (кооператив «Причал-75», рис. 1).

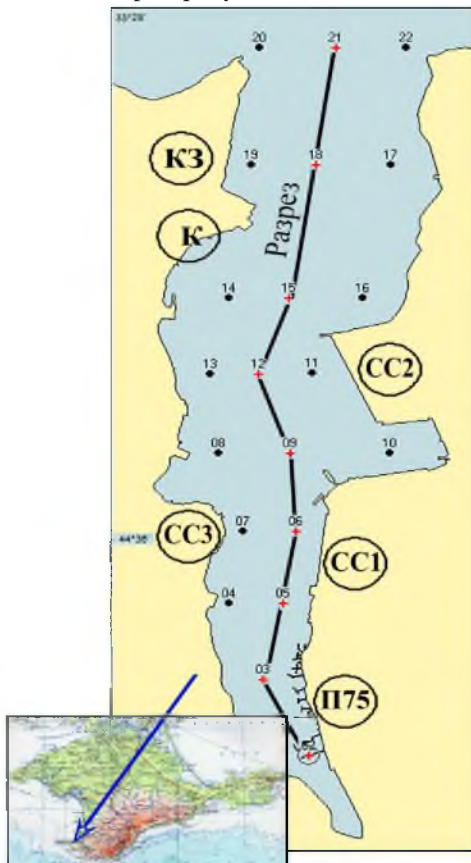
Представленная выше информация, касающаяся жилых массивов и стоянок судов, как возможных источников загрязнения водной среды в

рассматриваемом районе, заимствована из [1]. Дополнительно к этим сведениям добавим, что в срединной части бухты, вдоль ее берегов, оборудованы причальные стенки, где постоянно отстояются суда. Бухта меридионально ориентирована и свободно сообщается с морем. Ширина ее устьевой области 0.23 мили. Стрелецкая бухта вдается в сушу на расстояние 1.22 морских миль. Мористая часть бухты наиболее глубока, с отметками до 18-22 м (рис. 1б).

В океанологическом плане Стрелецкая бухта, практически, не исследована. Также немногочисленны сведения о загрязнении ее вод.

В настоящей статье представлен анализ структуры полей температуры, солености, содержания общего взвешенного вещества (ОВВ) и растворенного органического вещества (РОВ), а

также поля концентрации растворенных нефтепродуктов (НП) в водах Стрелецкой бухты. Выявлены основные источники загрязнения исследуемой акватории и пути распространения загрязняющих веществ, оценена степень загрязнения ее вод избыточной взвесью, растворенным органическим веществом искусственной природы и растворенными нефтепродуктами.



Условные обозначения:

- ⊙(СС) - стоянка судов
- ⊙(КЗ) - комплекс зданий
- ⊙(П75) - причал №75
- ⊙(К) - коллектор

Рисунок 1 – Географическое положение Стрелецкой бухты. Схема станций комплексной съемки, выполненной 11 ноября 2018 года, с обозначением линии разреза

**Исходные данные и методы исследования**

Анализ выполнен на основе данных экспедиции, организованной Российским географическим обществом (г. Севастополь). В рамках этой экспедиции был реализован комплекс наблюдений за гидрофизическими элементами среды, а также показателями ее загрязнения. Съемка акватории бухты проведена 11 ноября 2018 года по схеме станций (всего 21), представленной на рис. 1. Координаты станций определялись при помощи приемника GPS. Заборные работы выполнены в дрейфе с борта маломерного судна.

Диапазон глубин на полигоне 0.8-22.3 м.

Основной массив исходной информации получен при помощи оптического биофизического зондирующего комплекса «Кондор» [2]. Температура, соленость, концентрация ОВВ и РОВ в водной толще синхронно фиксировались в зондирующем режиме *in situ* с шагом по глубине 0.1 м. Отметим, что РОВ относят к одному из лучших показателей загрязнения вод прибрежных морских и океанских акваторий [3, 4].

Концентрация растворенных в морской воде нефтепродуктов определялась в отобранных пробах воды в лабораторных условиях традиционным флуоресцентным методом (UV-fluorescence method) [5, 6]. Данная величина представлена в относительных единицах (отн. ед.) и показывает, во сколько раз измеренное содержание растворенных нефтепродуктов превосходит его концентрацию в открытых водах центральной части Черного моря, которая принята за единицу.

Растворенные в воде нефтепродукты – важный и недостаточно изученный показатель загрязнения водной среды, который ранее не фиксировался в водах Азово-Черноморского бассейна. Растворенная фракция НП адсорбируется на взвеси, она отличается стойкостью и острой токсичностью для морских организмов. В частности, к наиболее токсичным антропогенным компонентам растворенных в воде НП, которые обладают канцерогенными свойствами и оказывают серьезное негативное воздействие на окружающую среду, относят ароматические и полициклические ароматические углеводороды. Эти вещества накапливаются в тканях рыб и представляют собой реальную угрозу для здоровья человека [7].

В настоящее время задача выявления характеристик нефтяного загрязнения на поверхности морских и океанских акваториях решена в хорошем приближении при помощи дистанционных методов. Например, на основе методов спутниковой гидрофизики, позволяющих отфильтровывать эффект облачности и волнения [8-10], можно получить сведения, позволяющие определить источники, оценить масштаб и пространственно-временную динамику загрязнения. Данная методика касается выявления следов НП, которые относительно недавно попали в водную среду и не перешли в растворенное состояние. Определение содержания растворенной фракции НП пока возможно только контактными методами.

**Обсуждение результатов**

Погода во время съемки была обусловлена антициклональными синоптическими атмосферными процессами. Наблюдался полный штиль. На

преобладающей части акватории Стрелецкой бухты отсутствовало волнение. В открытую ее область с моря от северо-запада проникали волны зыби, высотой около 1 м.

Время выполнения съемки пришлось на период осенне-зимнего выхолаживания, которое сопровождается конвективным перемешиванием и качественным изменением вертикальной структуры вод.

К основным факторам, генерирующим систему течений в бухте и формирующим структуру гидрофизических полей, распространение взвеси и растворенных веществ можно отнести ветровую деятельность. Из особенностей гидрологического режима следует отметить тот факт, что Стрелецкая бухта в кутовой своей части подпитывается

грунтовыми водами, поступающими сюда из одноименной балки.

Вертикальная термохалинная структура в бухте формировалась процессами взаимодействия распресненных и выхолаженных на мелководье вод ее кутовой части с солеными и относительно теплыми морскими водами. Распресненный грунтовыми водами верхний слой наблюдался на всей акватории бухты. В кутовой части его толщина достигала 6 м, а термохалинные характеристики – соответственно 14.7-15.5°C и 16.3-17.2 ЕПС. По направлению к морю распресненный слой выклинивался к поверхности. На морской границе бухты его толщина уменьшилась до 0.5 м, а температура и соленость увеличились до 15.9°C и 17.9 ЕПС (рис. 2).

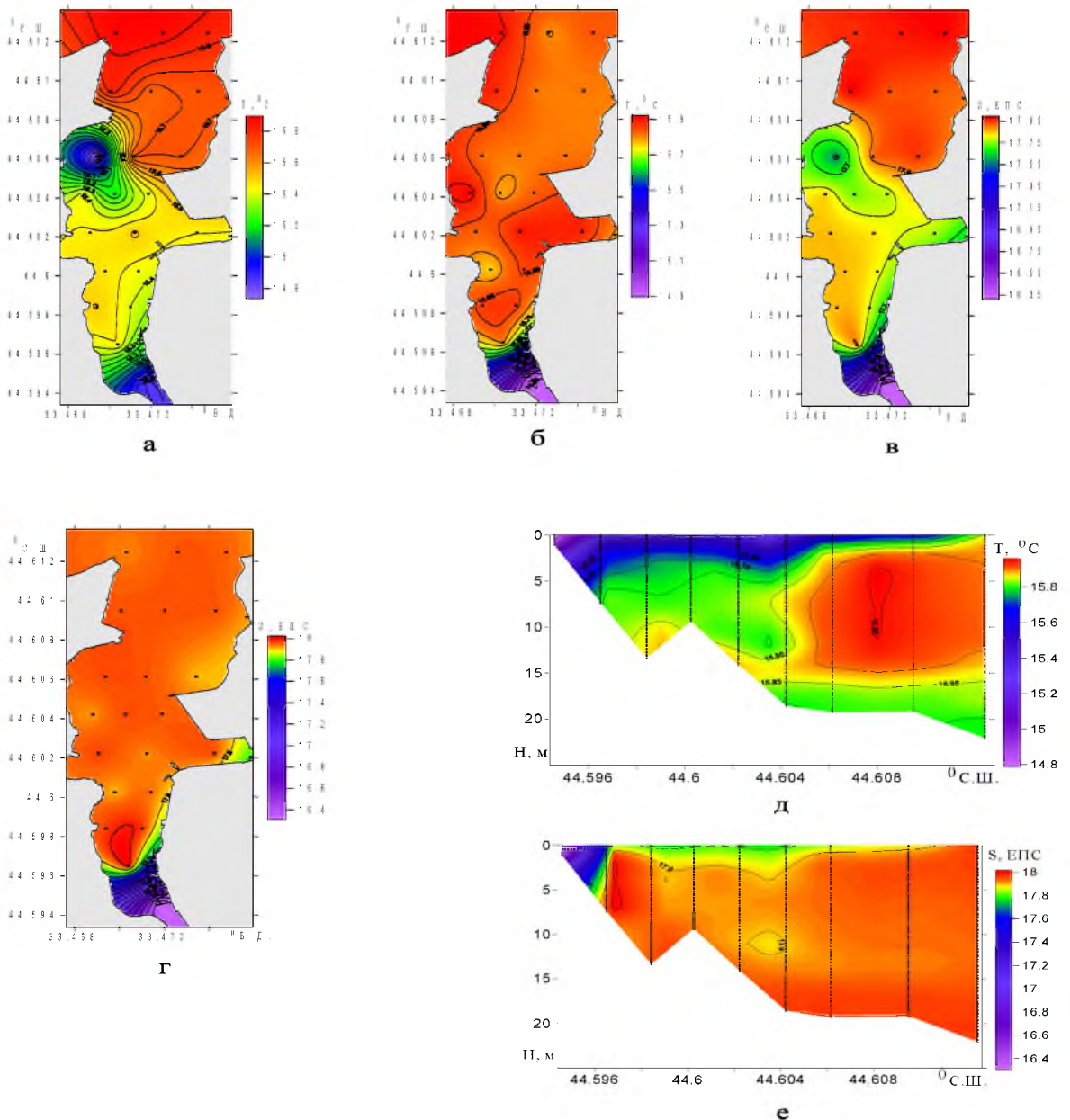


Рисунок 2 – Горизонтальное распределение температуры, °С на поверхности (а), у дна (б) и солености, ЕПС на поверхности (в) и у дна (г); вертикальное распределение температуры (д) и солености (е)

Более легкий (за счет солености) верхний слой способствовал формированию устойчивой плотностной стратификации, которая, в свою очередь, препятствовала конвективному обмену. В результате в толще вод на преобладающей части рассматриваемой акватории в слое 0-8 – 0-15 м образовалась ярко выраженная термическая инверсия с приращением температуры 0.3-0.8°C (рис. 2д).

Горизонтальная структура термохалинного поля характеризовалась наличием отчетливо выраженных фронтальных разделов между водами кутовой части и водами мористой области бухты (рис. 2 а-г).

В поле концентрации РОВ выявлены следующие участки с максимальным содержанием этого вещества 2.8-2.9 мг/л, что в 1.4-1.5 раза выше природной нормы, которая, согласно [11],

для вод Черного моря равна 2 мг/л. Это кутовая часть бухты и акватория у стоянок судов. Также особый участок, находящийся у северо-западного берега Стрелецкой бухты (рис. 1; 3 в, г), который требует более детального анализа и рассмотрен далее по тексту.

В северо-западной части бухты у берега, где расположен комплекс зданий с плотной застройкой, наблюдался локальный термохалинный минимум, который совпадал с локальным максимумом концентрации ОБВ и РОВ (рис. 2а, в; рис. 3б, в). Скорее всего, что этот очаг холодных, распресненных и загрязненных избыточной взвесью и растворенной органикой вод, обусловлен сточными хозяйственно-бытовыми водами упомянутого выше комплекса зданий.

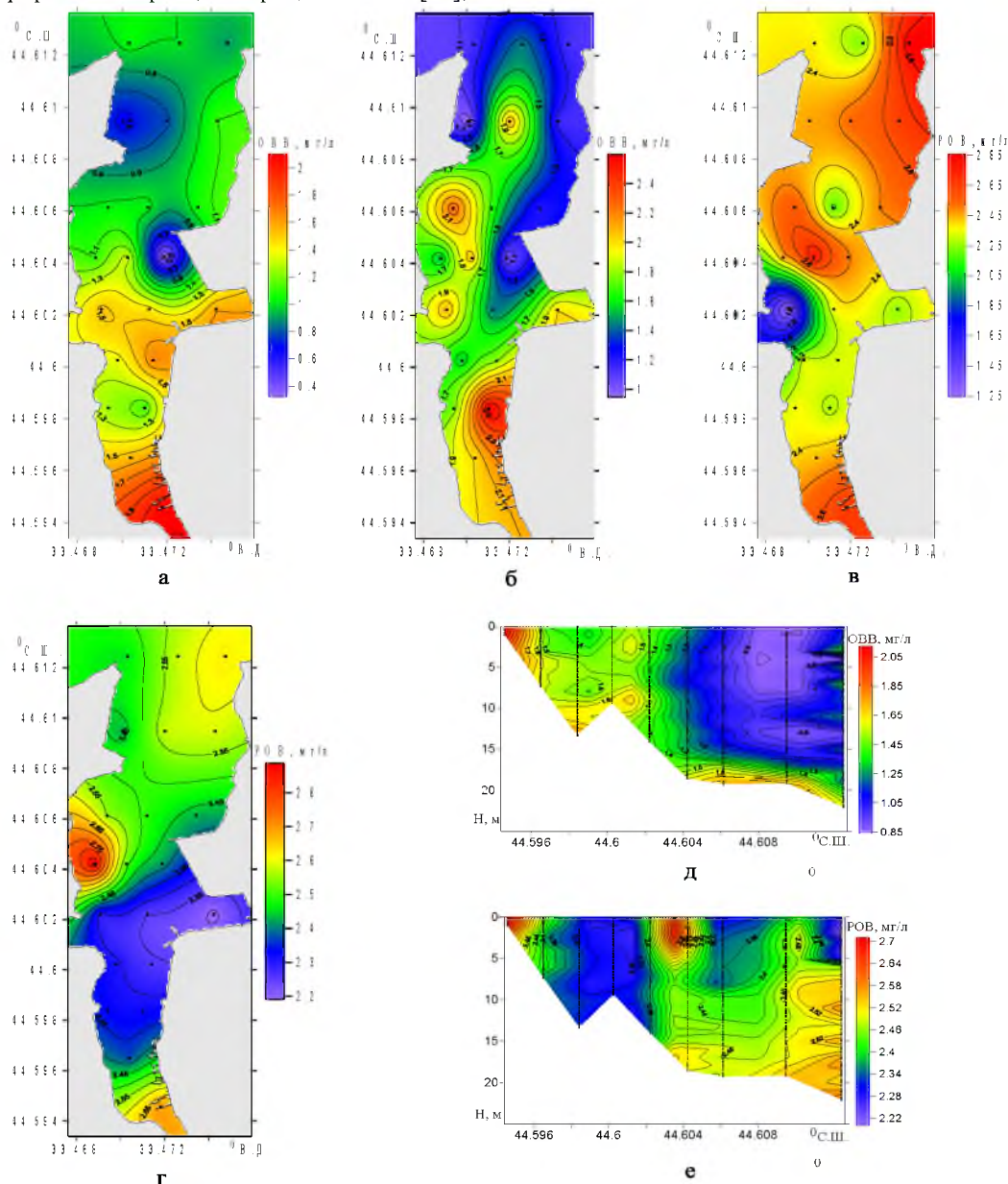


Рисунок 3 – Горизонтальное распределение концентрации ОБВ, мг/л на поверхности (а), у дна (б) и концентрации РОВ, мг/л на поверхности (в) и у дна (г); вертикальное распределение концентрации ОБВ (д) и РОВ (е)

Влияние этого источника загрязнения прослеживалось до противоположного берега Стрелецкой бухты. От него в юго-восточном направлении распространялся отчетливо выраженный шлейф вод с пониженной температурой и соленостью и повышенным на окружающем фоне содержанием ОВВ и РОВ (рис. 1-3).

Анализ поля концентрации растворенных НП показал, что на преобладающей части исследуемой акватории показатель загрязнения этим веществом соответствовал природной норме. Незначительное увеличение его содержания, примерно на 5-8% выше нормы (концентрация растворенных НП в водах центральной части Черного моря), наблюдалось в кутовой части бухты и у стоянок судов (рис. 1, 4).

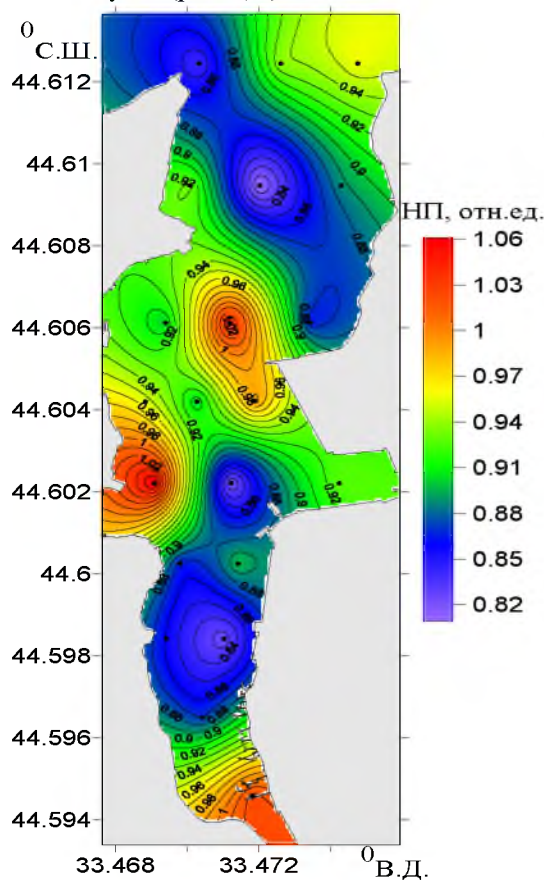


Рисунок 4 – Горизонтальное распределение концентрации растворенных НП, отн. ед. на поверхности

### Заключение

По материалам экспедиции, организованной Российским географическим обществом (г. Севастополь) в ноябре 2018 года, проанализирована структура полей температуры, солености, содержания общего взвешенного и растворенного органического веществ и концентрации растворенных нефтепродуктов в Стрелецкой бухте. Выявлены источники загрязнения рассматриваемой акватории и оценена степень загрязнения ее вод

избыточной взвесью, растворенным органическим веществом искусственного происхождения и растворенными нефтепродуктами.

Показано, что вертикальная термохалинная структура вод в Стрелецкой бухте формировалась процессами взаимодействия распресненных и выхоложенных на мелководье вод ее кутовой части с солеными и относительно теплыми морскими водами. Более легкий верхний слой способствовал формированию устойчивой плотностной стратификации, которая, препятствовала конвективному обмену. В результате на преобладающей части рассматриваемой акватории в верхнем слое толщиной 8-15 м образовалась ярко выраженная термическая инверсия.

Горизонтальная структура термохалинного поля характеризовалась наличием отчетливо выраженных фронтальных разделов между водами кутовой части и водами мористой области бухты.

Выявлены три источника загрязнения вод рассматриваемой акватории. Это расположенный в кутовой части бухты рыболовецкий кооператив «Причал-75», стоянки судов у восточного и западного берегов в срединной части и находящийся на северо-западном берегу бухты коллектор сточных вод.

На примыкающих к источникам участках зафиксирована повышенная концентрация взвеси, растворенного органического вещества и растворенных нефтепродуктов. Содержание растворенной органики в полтора раза превышало природную норму данного элемента, тогда как содержание растворенных нефтепродуктов здесь незначительно отличалось от их концентрации в незагрязненных водах центральной части Черного моря.

На преобладающей части акватории Стрелецкой бухты содержание растворенных нефтепродуктов было в пределах природной нормы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и города Севастополь в рамках научного проекта № 18-45-920068.*

### Литература

1. Стрелецкая бухта – повседневное лицо Севастополя. URL: <http://krymania.ru/streleckaya-buhta-v-sevastopole/#name2>
2. Комплекс гидробиофизический мультипараметрический погружной автономный «КОНДОР». URL: <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor>
3. Boss E., Pegau W. S., Zaneveld J. R. V. et al. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf // Journal of Geophysical Research. 2001. Vol. 106, no. C5. P. 9499–9507.
4. M. Tedetti, R. Longhitano, N. Garcia, C. Guigue, N. Ferretto and M. Goutx. 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, no. 5. P. 438–449. doi:10.1071/EN12081.
5. РД 52.24.476-2007 Массовая концентрация нефтепродуктов в водах. Методика выполнения измерений ИК- фотометрическим методом.
  6. Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I. Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104663G (30 November 2017). doi: 10.1117/12.2287127; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>.
  7. Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. // National Research Council Division on Earth and Life Studies; Transportation Research Board; Ocean Studies Board; Marine Board; Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. 2003. 277 p. [http://www.nap.edu GC1085 .O435 2002/628.1%6833—dc21.2002015715](http://www.nap.edu/GC1085.O435.2002/628.1%6833—dc21.2002015715).
  8. Huhnerfuss H., Garrett W. D. Experimental sea slicks: Their practical applications and utilization for basic studies of air-sea interactions // Journal of Geophysical Research. 1981. Vol. 86. P. 439–447.
  9. Lombardini P. P., Fiscella B., Trivero P., Cappa C., Garrett W. D. Modulation of the spectra of short gravity waves by sea surface films: slick detection and characterization with a microwave probe // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 1989. Vol. 6. P. 883–890.
  10. Иванов А. Ю. Стики и плёночные образования на космических радиолокационных изображениях // Исследование Земли из космоса.– 2007.– №3.– С. 73–96.
  11. Хайлов К. М. Экологический метаболизм в море.– Киев: Наукова Думка, 1971.– 250 с.
- References**
1. Streleckaya buhta – povsednevnoe lico Sevastopola. URL: <http://krymania.ru/streleckaya-buhta-v-sevastopole/#name2>
  2. Kompleks gidrobiologicheskij mul'tiparametricheskij pogruzhnoj avtonomnyj «KONDOR». URL: <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multi-turbidimeter-kondor>
  3. Boss E., Pegau W. S., Zaneveld J. R. V. et al. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf // Journal of Geophysical Research. 2001. Vol. 106, no. C5. P. 9499–9507.
  4. M. Tedetti, R. Longhitano, N. Garcia, C. Guigue, N. Ferretto and M. Goutx. 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, no. 5. P. 438–449. doi:10.1071/EN12081.
  5. RD 52.24.476-2007 Massovaya koncentraciya nefteproduktov v vodah. Metodika vypolneniya izmerenij IK- fotometricheskim metodom.
  6. Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I. Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104663G (30 November 2017). doi: 10.1117/12.2287127; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>.
  7. Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. // National Research Council Division on Earth and Life Studies; Transportation Research Board; Ocean Studies Board; Marine Board; Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. 2003. 277 p. [http://www.nap.edu GC1085 .O435 2002/628.1%6833—dc21.2002015715](http://www.nap.edu/GC1085.O435.2002/628.1%6833—dc21.2002015715).
  8. Huhnerfuss H., Garrett W. D. Experimental sea slicks: Their practical applications and utilization for basic studies of air-sea interactions // Journal of Geophysical Research. 1981. Vol. 86. P. 439–447.
  9. Lombardini P. P., Fiscella B., Trivero P., Cappa C., Garrett W. D. Modulation of the spectra of short gravity waves by sea surface films: slick detection and characterization with a microwave probe // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 1989. Vol. 6. P. 883–890.
  10. Ivanov A. YU. Sliki i plyonochnye obrazovaniya na kosmicheskix radiolokacionnyh izobrazheniyah // Issledovanie Zemli iz kosmosa.– 2007.– №3.– С. 73–96.
  11. Hajlov K. M. Ekologicheskij metabolizm v mo-re.– Kiev: Naukova Dumka, 1971.– 250 s.

УДК 621.431.36

DOI: 10.34046/aumsuomt92/21

## О ПРИМЕНЕНИИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*М.С. Николаева*

Рассматриваются принципы построения искусственных нейронных сетей для системы контроля качества работы судового оборудования, связанного с защитой окружающей среды. Концентрация вредных веществ в отработанных газах и льяльных водах зависит от множества факторов, связанных как с состоянием оборудования, так и от внешних условий. Аналитически описать эту зависимость чрезвычайно сложно, поэтому для мониторинга состояния оборудования предлагается использовать искусственные нейронные сети. В работе описываются способы создания нейронной сети типа самоорганизующейся карты признаков и методы ее обучения.

**Ключевые слова:** защита окружающей среды, мониторинг, искусственная нейронная сеть, обучение нейронной сети, векторное квантование.