

УДК 574 [574.5] [579]

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПОРТОВЫХ АКВАТОРИЙ СЕВАСТОПОЛЯ

Соловьёва О. В., Тихонова Е. А.

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия
E-mail: tihonova@mail.ru*

Проведена оценка современной динамики (2009 – 2015 гг.) содержания органических веществ в донных отложениях, а также сравнение тенденций изменения их состояния в различных портовых акваториях Севастопольского побережья (бухты Стрелецкая, Казачья, Камышовая) в условиях изменения антропогенной нагрузки с использованием различных подходов. Установлено, что в период исследований в б. Стрелецкой отмечено (в среднем по акватории) снижение уровня органического загрязнения. В остальных бухтах уровень, соответствующий условно-чистым акваториям, сохранялся. Статистические оценки не позволили выявить различия, которые существуют в соответствии с экспертными оценками, основанными на реакции донного сообщества на наличие хлороформ-экстрагируемых веществ в донных отложениях.

Ключевые слова: хлороформ-экстрагируемые вещества, нефтяные углеводороды, донные отложения, U-критерий Манна–Уитни, сравнение средних рангов, портовые акватории, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью Севастопольского побережья является наличие многочисленных бухт. В пределах региона их насчитывается более 30-ти. Самые крупные из них – Большая Севастопольская, в т.ч. Северная и Южная, Стрелецкая, Круглая, Камышовая, Казачья, Балаклавская. На протяжении многих десятилетий они функционируют в условиях антропогенной нагрузки. Их акватории используются как порты, а берега застраиваются жилыми массивами.

Севастопольская бухта является наиболее изученной из перечисленных акваторий [1]. Кроме того, она отличается стабильно высоким органическим загрязнением донных отложений [2], в других бухтах не отмечены такие уровни [2]. При этом в силу исторических факторов, в последнее время интенсивность эксплуатации отдельных акваторий имеет разнонаправленные тренды. Так, например, в результате введения санкционного режима, с 2014 г. существенно сократился грузооборот рыбного порта б. Камышовой, уменьшилось количество входящих в порт судов. Так, в период с 2013 по 2017 гг. грузооборот упал с 2.5 млн. до 300 тыс. т [3]. Изменения, происходящие на поверхности водоёма, в конечном итоге, имеют отклик в донных отложениях, но это процессы длительного характера. Так, в условиях снижения интенсивности эксплуатации акватории указанной бухты, в период до 2015 г. наблюдался постоянный уровень загрязнения донных отложений, а на отдельных участках даже некоторое его снижение [4]. На

акваторию б. Стрелецкой нагрузка, связанная с функционированием военно-морской базы несколько сократилась, что повлекло за собой достоверное снижение количества нефтяных углеводородов (НУ) в донных отложениях [5]. С другой стороны, берега таких бухт как Казачья и Стрелецкая в настоящее время интенсивно застраиваются жилыми домами. Например, из общей площади в 181,3 га восточного массива б. Казачьей планируемая многоэтажная застройка займёт 82 га [6]. Она может повлечь за собой увеличение поступления органических веществ в прибрежные воды. В результате массового, зачастую хаотичного строительства изменяются физико-химические характеристики донных отложений в местах поступления органических веществ, из-за чего на некоторых участках содержание хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) увеличивается [4, 5, 7]. Кроме того, в данных водоёмах несколько возрос уровень органики вследствие заморных явлений, которые, по нашим наблюдениям, характерны для вершинной части всех исследуемых акваторий.

В связи с изменяющимся уровнем антропогенного пресса экологическое состояние акватории также претерпевает определённые изменения. О том, в какой степени эти изменения выражены, можно судить по динамике органического загрязнения донных отложений, отражающей хронические процессы поступления поллютантов в воды акватории. Основными показателями, характеризующими данный вид загрязнения, являются содержание ХЭВ и НУ.

Целью настоящей работы стала оценка современной динамики (2009 – 2015 гг.) содержания органических веществ в донных отложениях, а также сравнение тенденций изменения их состояния в различных портовых акваториях Севастопольского побережья в условиях изменения антропогенной нагрузки с использованием различных подходов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой для анализа многолетней динамики органического загрязнения отдельных портовых акваторий послужили данные по содержанию ХЭВ и НУ в донных отложениях. Пробы последних отбирались в рамках многолетнего мониторинга отдела морской санитарной гидробиологии ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН» летом 2009, 2012, 2015 гг. (рис. 1). Нумерация станций пробоотбора донных отложений сохранена в соответствии с использованной ранее. Концентрацию ХЭВ определяли весовым методом, НУ – методом ИК-спектromетрии [8] на спектрофотометре ФСМ-1201.

Для оценки экологического состояния акватории использовалось деление донных отложений по уровням загрязнения с I по V, принятое в соответствии с реакцией бентосного сообщества на содержание ХЭВ в донных отложениях. I-му уровню соответствуют природно-чистые морские грунты с высокими показателями биоразнообразия. V-ый уровень – это практически безжизненные донные отложения [9].

Наряду с оценками, основанными на экологических показателях, была сделана попытка использования статистических методов анализа данных. Использование параметрической статистики в настоящем исследовании исключено ввиду малого

объёма выборок. В данном случае применимы непараметрические методы статанализа. В качестве статистических инструментов для сравнения временной динамики содержания загрязняющих веществ (ЗВ) в донных отложениях отдельных акваторий был использован U-критерий Манна–Уитни ($p=0.05$), позволяющий выявить достоверность отличия пары независимых выборок. Оценка достоверности в различии содержания ЗВ в донных отложениях отдельных акваторий проводили посредством сравнения средних рангов, исследуемых выборок ($p=0,05$). Вычисления проводились с использованием программного пакета Statistica 6.0.

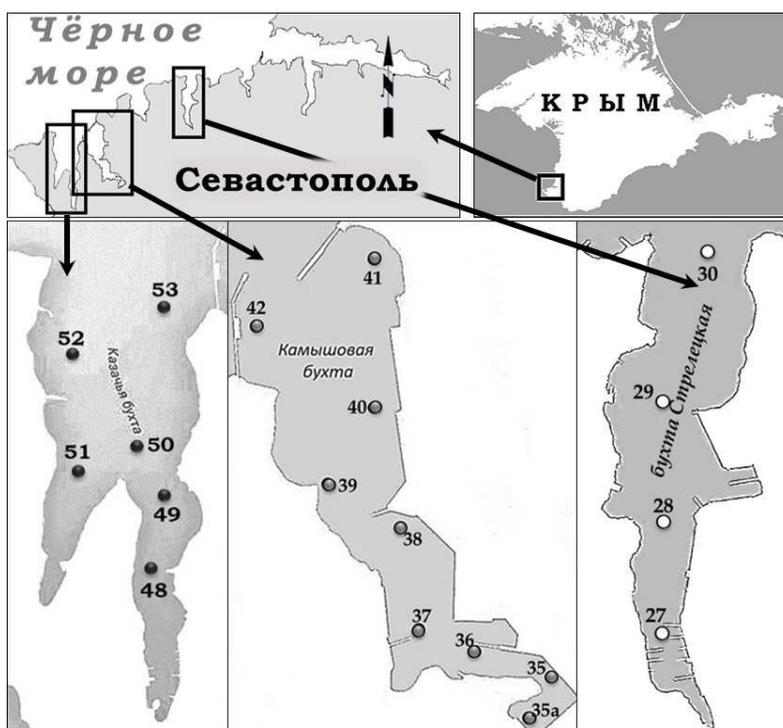


Рис. 1. Схема расположения станций пробоотбора донных отложений в рамках мониторинговых съёмок 2009, 2012, 2015 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Донные отложения исследуемых портовых акваторий имеют различный гранулометрический состав. Основная часть Камышовой бухты – серые илы с примесью песка, за исключением ракушняка на ст. 39. Показатели натуральной влажности в разные периоды колебались от 37 % в ракушняхках до 71 % в илах, рН – от 7,2 до 8,1. Показатели Eh изменялись от положительных значений (+332 мВ) в ракушняхках до отрицательных в илах (-94 мВ) [4].

Донные отложения в вершине и центральной части бухты Стрелецкой, также как и в Камышовой представлены чёрными или тёмно-серыми илами, но с большим

количеством гниющей органики (ст. 29), запахом сероводорода (ст. 27а – 30) и/или с примесью песка. Натуральная влажность в разные годы колебалась от 48,7 % в илах с примесью песка до 68,2 % в илах, рН составлял 7,6 – 7,8. В илах сформировались резко восстановительные условия (отрицательные значение окислительно-восстановительного потенциала) [5].

Состав донных отложений б. Казачьей изменялся с течением времени. Ранее [10] он был представлен чёрными илами с большим количеством гниющей органики и запахом сероводорода, и илами с примесью песка. В 2015 г. авторами [7] отмечены следующие изменения: нехарактерный запах и увеличение доли перегнившей органики. Физико-химические параметры, такие, как натуральная влажность, рН и Eh донных осадков акватории бухты в исследуемом временном промежутке оставались в среднем неизменными, и соответствовал характеру осадков [7].

На протяжении 2009-2015 гг. наибольшее содержание ХЭВ среди исследуемых акваторий было в донных отложениях б. Стрелецкой и среднее по акватории значение колебалось в диапазоне 975-1493 мг/100 г возд.-сух. в-ва, что относится к IV-V уровням загрязнения. Их концентрации в донных осадках бухт Казачья и Камышовая были достаточно низкими (168-179 мг/100 г и 167-187 мг/100 г соответственно), в среднем они характеризовались как чистые акватории.

Среднее содержание НУ в донных отложениях исследуемых акваторий также существенно различалось для исследуемых бухт. В б. Стрелецкой оно составляло от 560 мг/100 г до 360 мг/100 г, что в период 2009 и 2012 гг. превышало условные нормативы, предлагаемые т.н. «Голландскими листами» [11]. Концентрация НУ в донных отложениях б. Камышовой и Казачьей в период исследований не превышали 100 мг/100 г, что соответствует природному уровню содержания данного класса веществ.

Если говорить о тенденции изменения исследуемых показателей во времени, то в б. Стрелецкой отмечено (в среднем по акватории) снижение уровня органического загрязнения. В остальных бухтах уровень, соответствующий условно-чистым акваториям, сохранялся.

Следует обратить внимание на то, что общая тенденция изменения содержания ЗВ в донных отложениях бухты не характеризует локальные процессы, происходящие на отдельных участках акваторий. В б. Стрелецкой (рис. 2) снижение содержания ХЭВ отмечено на наиболее загрязнённых станциях (ст. 27 – почти в 2 раза). На участках, где содержание ХЭВ было ниже (ст. 28 и 29) – этот показатель снизился примерно на 30 %. На относительно чистом участке дна (ст. 30) содержание органических веществ выросло вдвое. Это может быть связано с увеличением или перераспределением нагрузки по акватории бухты.

Снижение в период исследования содержания НУ (рис. 3) было наибольшим на ст. 28 и 29 (48 %, и 57 % соответственно), на ст. 27 оно уменьшилось менее заметно (21 %). Повышение концентрации НУ почти в 3 раза отмечено на самой благополучной ст. 30, но, тем не менее, уровень загрязнения остался низким.

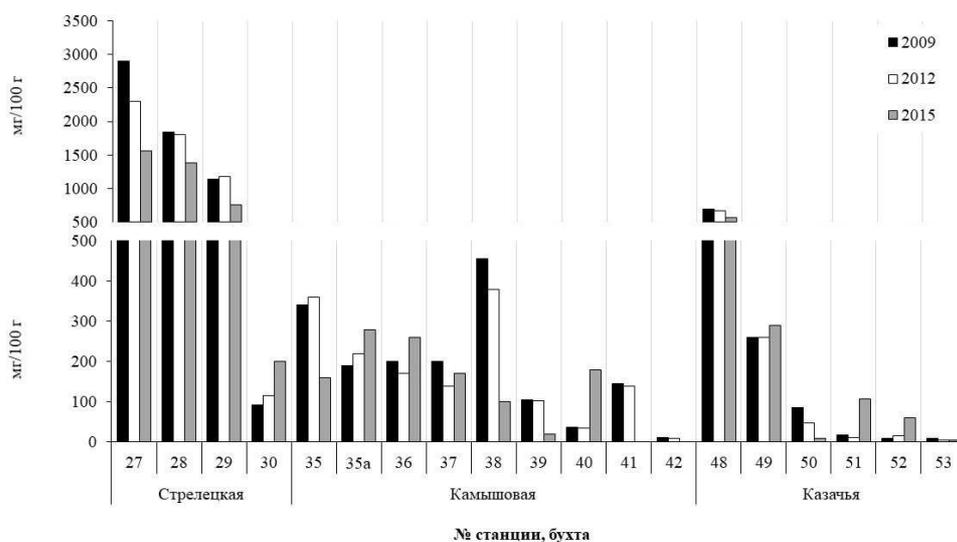


Рис. 2. Концентрации ХЭВ в донных отложениях севастопольских портовых акваторий по данным мониторинговых съёмки 2009, 2012, 2015 гг.

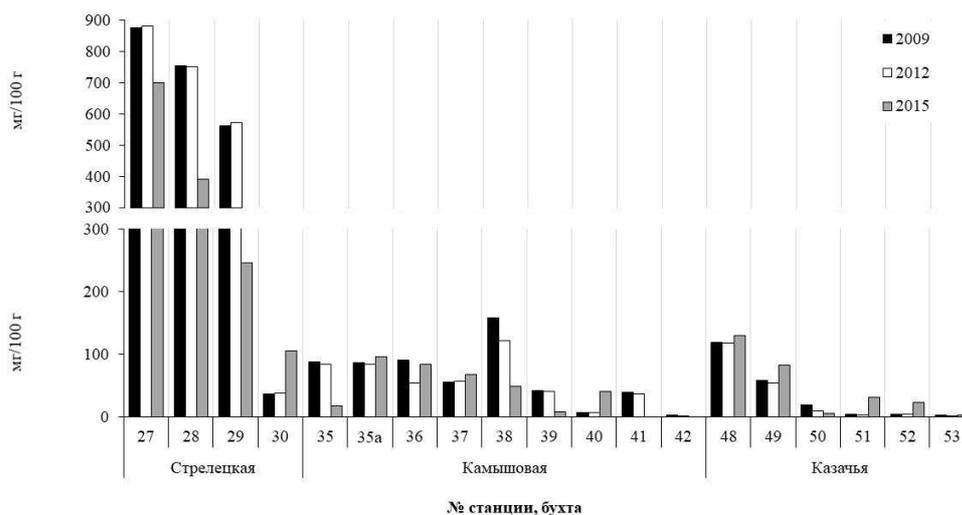


Рис. 3. Концентрации НУ в донных отложениях севастопольских портовых акваторий по данным мониторинговых съёмки 2009, 2012, 2015 гг.

Таким образом, при снижении средних показателей по акватории, отмечается перераспределение загрязняющих веществ в её пределах; отдельные участки очищаются, другие интенсивнее накапливают загрязнение.

Южнее по побережью находится б. Камышовая. В ней на 4-х из 9-ти станций пробоотбора (ст.35, 37, 38, 39) отмечено уменьшение содержания ХЭВ. Данное снижение составляло от 15 % (что можно отнести к погрешности метода) до 360 %. Последнее определённо характеризует изменение содержания ХЭВ в донных отложениях. На трёх станциях отмечен рост содержания органических веществ (35а, 36, 40), который также колебался от 21 % до 470 %.

Снижение содержания НУ отмечено на ст. 35, 38, 39. На всех перечисленных участках оно было значительным и колебалось от 3-х до 6-ти раз. Значимый рост содержания НУ отмечен на ст. 40, где за последние годы данный показатель увеличился почти в 6 раз.

При всех описанных колебаниях содержания органических веществ, ни одно из зафиксированных значений не превышает допустимых норм [11] или относительных уровней, характеризующих санитарно-биологическое благополучие акватории [9].

В 2015 г. в б. Казачьей относительно высокие (до 700 мг/100 г) показатели ХЭВ отмечены в южной (кутовой) части (ст. 48). При этом содержание НУ за весь период исследований снижалось. На соседней ст. 49 содержание ХЭВ практически не менялось. Рост содержания органического вещества отмечен на ст. 51 и 52 (в 9 и 4 раза соответственно), которые являются условно чистыми. Рост содержания НУ отмечен на следующих станциях: несущественно ст. 48, в 1,5 раза ст. 49. Наиболее выраженным данное явление было на ст. 51 (в 11 раз) и 52 (в 5 раз), которые в предыдущие годы были практически чистыми. В б. Казачьей рост содержания НУ отмечен практически по всей акватории, и наиболее интенсивным он был на её чистых участках.

Описанное выше изменение и различие параметров не имеет статистической оценки, а определяется лишь экспертным мнением авторов. Такая практика имеет место в статьях, посвящённых данной тематике [12–15]. В настоящей работе сделана попытка провести статистический анализ материала и оценить применимость некоторых статистических методов в рамках такого рода исследований. Из-за малого количества данных в выборке использование параметрической статистики невозможно. Из известных критериев, используемых в непараметрических методах статистики для сравнения временной динамики содержания органических веществ в донных отложениях некоторых портовых акваторий во времени был применён U-критерий Манна–Уитни ($p=0.05$). Он позволяет провести анализ по выявлению достоверности отличий пары независимых выборок. Данный анализ в период с 2009 по 2015 гг. не показал наличия значимых различий в уровнях загрязнения ХЭВ и НУ исследуемых акваторий.

Оценка достоверности в различии содержания ЗВ в донных отложениях различных акваторий проводили посредством сравнения средних рангов, исследуемых выборок ($p=0,05$). В 2009 г. достоверные различия в содержании ХЭВ и НУ в донных отложениях исследуемых бухт отсутствовали. При этом исследуемые акватории, на основании имеющихся в гидробиологии представлений [9], имели различный уровень органического загрязнения: Камышовая и Казачья

бухты – III, Стрелецкая - V. Различие в состоянии донных отложений бухт, полученное на основании предложенных оценок, представлено на рис. 4. В дальнейшем ситуация изменялась. Так, в 2012 г. отмечено статистически значимое различие в содержании ХЭВ в донных осадках б. Стрелецкой и Казачьей. Уровень загрязнения акваторий в этот период можно в целом классифицировать, как и в предшествующий. По содержанию НУ достоверных различий не выявлено. В результате последней съёмки (2015 г.) по содержанию ХЭВ достоверные различия были между донными отложениями б. Стрелецкой и Казачьей. Достоверных различий в содержании ХЭВ в морских грунтах б. Камышовой и Казачьей не выявлено. Также отсутствуют достоверные отличия для б. Камышовой и Стрелецкой. По содержанию НУ различие было достоверным для б. Стрелецкой и Казачьей. Концентрация НУ в донных осадках б. Камышовой не имела достоверных отличий с другими исследуемыми участками севастопольского побережья. Уровень загрязнения б. Стрелецкой в этот период можно характеризовать как IV. Остальных бухт – III. Таким образом, в период настоящего исследования (2009 – 2015 гг.) отмечены изменения, которые противоречат тренду изменения средних показателей. Они обусловлены изменениями в пределах отдельных станций. На некоторых, ранее практически чистых участках, в настоящее время наблюдается нарастание содержания ЗВ.

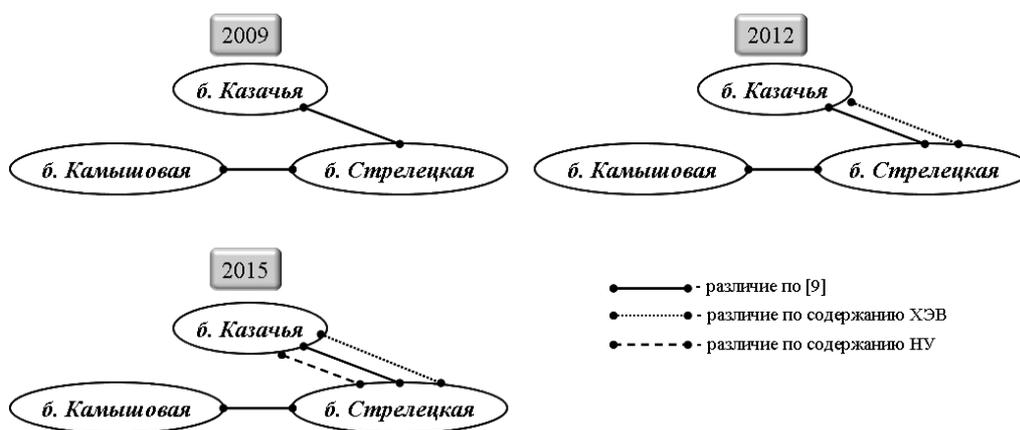


Рис. 4. Различие в содержании органических веществ в донных отложениях некоторых портовых акваторий в период 2009, 2012, 2015 гг.

Из представленных на рис. 4 данных о различии в загрязнении донных отложений исследуемых бухт, основанных на статистических и экспертных оценках видно, что наибольшее различие существует для б. Казачьей и Стрелецкой и с течением времени оно нарастает. В 2009 г. данное различие выявляет только деление донных отложений по уровню загрязнения. В 2012 г. содержание ХЭВ в донных отложениях статистически различимо, а по результатам съёмки 2015 г. статистически различимо не только содержание ХЭВ, но и НУ.

Состояние донных отложений б. Казачьей и Камышовой в период исследований существенно не различалось не по одному из рассматриваемых критериев.

Донные отложения б. Камышовой и Стрелецкой за годы исследований имели различные уровни загрязнения, выделенные на основании реакции донной биоты на содержание в донных осадках поллютантов [9], но данное различие не подтверждено статистически. На основании сравнения данных статистической обработки полученных с использованием U-критерия Манна–Уитни для оценки межгодовой изменчивости исследуемых параметров и сравнения средних рангов для оценки достоверности различий в состоянии донных отложений исследуемых объектов в пределах одного года были получены статистические оценки, противоречащие экспертным. Различие в содержании ХЭВ в донных отложениях, которое существенно сказывается на состоянии донного сообщества, не определялось как значимое, при использовании указанного статистического критерия. В данном случае можно говорить о неприменимости данных непараметрических методов для оценки исследуемых величин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В период исследований (2009 – 2015 гг.) в б. Стрелецкой отмечено (в среднем по акватории) снижение уровня органического загрязнения. В остальных бухтах уровень, соответствующий условно-чистым акваториям, сохранялся.
2. В б. Стрелецкой с 2009 по 2015 гг., при снижении средних показателей загрязнения ХЭВ и НУ по акватории, отмечалось пространственное перераспределение ЗВ; отдельные участки очищаются, другие накапливают загрязнение.
3. Использование некоторых статистических инструментов (U-критерия Манна–Уитни и сравнения средних рангов) показала недостаточную чувствительность данных критериев, для использования в подобных исследованиях. Статистические оценки не позволили выявить различия, которые существуют в соответствии с экспертными оценками, основанными на реакции донного сообщества на наличие ХЭВ в донных отложениях.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ по теме государственного задания «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 0828-2018-0001).

Список литературы

1. Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / Под общ. ред. О. Г. Миронова: ИнБИОМ НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 192 с.
2. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке: монография / О. Г. Миронов, Л. Н. Кирюхина, С. В. Алёмов. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 185 с.
3. <https://www.sevmp.ru>
4. Полисовая А. И., Тихонова Е. А. Экологическое состояние донных отложений портовой акватории (на примере бухты Камышовой, Чёрное море) / А. И. Полисовая, Е. А. Тихонова //

- Тезисы X Всероссийской научно-практической конференции «PontusEuxinus 2017» молодых учёных по проблемам водных экосистем, в рамках проведения Года экологии в Российской Федерации (11-16 сентября 2017 г.). Севастополь: DigitPrint. – С. 169 – 171.
5. Тихонова Е. А., Котельянец Е. А., Волков Н. Г. Характеристика загрязнения донных отложений прибрежной акватории Севастополя на примере Стрелецкой бухты (Чёрное море) / Е. А. Тихонова, Е. А. Котельянец, Н. Г. Волков // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2018. – Вып. 1. – С. 74 – 80.
 6. Проект Стратегии социально-экономического развития города Севастополя до 2030 года // Постановление Правительства Севастополя от 17.04.2017 г. №315-ПП. – Севастополь, 2017. – 133 с.
 7. Котельянец Е. А., Гуров К. И., Тихонова Е. А., Соловьёва О. В. Некоторые геохимические показатели донных отложений прибрежной акватории под влиянием антропогенного фактора (на примере б. Казачья, г. Севастополь) / Е. А. Котельянец, К. И. Гуров, Е. А. Тихонова, О. В. Соловьёва // Вестник Удмурдского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2017, №1. – С. 5 – 13.
 8. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С. Г. Орадовского. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.
 9. Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Чёрного моря // Гидробиол. журнал. – Т. 22, № 6. – 1986. – С. 76 – 78.
 10. Алёмов С. В., Тихонова Е. А. Характеристика донных осадков и макрозообентоса б. Казачья в первой декаде XXI века / С. В. Алёмов, Е. А. Тихонова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2012. – Т. 1., Вып. 26. – С. 38 – 50.
 11. Neue Niederlandische Liste // Altlasten Spektrum 3/95.
 12. Игнатъева О. Г., Орехова Н. А., Романов А. С., Котельянец Е. А. Физико-химические характеристики донных отложений бухты Казачьей (Черное море), как показатели ее экологического состояния / О. Г. Игнатъева, Н. А. Орехова, А. С. Романов, Е. А. Котельянец // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. биология, химия. – 2005. – Т. 18 (58), №2. – С. 43 – 48.
 13. Тихонова Е. А. Многолетняя динамика загрязнения органическими веществами донных осадков бухты Круглая (Севастополь, Чёрное море) / Е. А. Тихонова // Морской биологический журнал. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 70 – 75.
 14. Stuart G. Wakeham and Roy Carpenter Aliphatic hydrocarbons in sediments of Lake Washington' / G. Stuart // Limnology and oceanography. – 1976. – Vol. 21(5). – P. 711 – 723.
 15. Charles R. Phillips, James R. Payne, James L. Lambach, Garry H. Farmer, Robert R. Sims. Georges bank monitoring program: hydrocarbons in bottom sediments and hydrocarbons and trace metals in tissues / Phillips Charles R., Payne James R., Lambach James L., Farmer Garry H., Sims Robert R. // Marine Environmental Research. –Vol. 22, Iss. 1. – 1987. – P. 33 – 74.

THE ORGANIC MATTER CONTENT DYNAMICS IN THE SEA BOTTOM SEDIMENTS OF THE SEVASTOPOL HARBOR WATER AREA

Soloveva O. V., Tikhonova E. A.

*A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russia
E-mail: tihonova@mail.ru*

In view of the anthropogenic press level changing, the ecological state of the water area undergoes certain changes. The scale of these changes are expressed can be judged by the organic pollution of sea bottom sediments dynamics, reflecting the chronic processes of pollutants entering the waters of the water area. The main indicators characterizing this type of pollution are the content of chloroform-extractable substances and oil hydrocarbons.

The purpose of this work was to assess the current dynamics (2009 - 2015) of organic matter content in the sea bottom sediments, as well as a comparison of their state trends in different port areas of the Sevastopol coast in the face of changes in anthropogenic load using different approaches.

The analysis of organic pollution long-term dynamics of individual port waters based on the data on the content of chloroform-extracted substances and oil hydrocarbons in the sea bottom sediments. The samples were collected as part of the long-term monitoring of the Department of Marine Sanitary Hydrobiology A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of the RAS in the summer of 2009, 2012, 2015. The concentration of chloroform-extracted substances was determined by the gravimetric method, oil hydrocarbons - by the method of IR-spectrometry. To assess the ecological state of the water area, the division of the sea bottom sediments according to pollution levels from I to V was used, based on the reaction of the benthic community to the content of chloroform-extractable substances in the sea bottom sediments. Along with estimates based on environmental indicators, an attempt was made to use statistical data analysis methods. The application of parametric statistics in this study is excluded due to the small sample number. In this case is applicable non-parametric methods of statistical analysis. The Mann-Whitney U-criterion ($p = 0.05$) was used as a statistical tool for comparing the temporal dynamics of the pollutant content in the sea bottom sediments of individual water areas ($p = 0.05$), which makes it possible to reveal the reliability of differences in a pair of independent samples. The assessment of the reliability of the difference in the content of pollutants in the sea bottom sediments of individual waters was through the time was carried out by comparing the average ranks of the studied samples ($p = 0.05$).

According to the obtained data on the difference in pollution of sea bottom sediments of the studied bays, based on statistical and expert estimates, it can be seen that the greatest difference exists for of Kozachya and Streletskaya bays and over the time it increases. In 2009, this distinction reveals only the division of sea bottom sediments according to the level of pollution. In 2012, the content of chloroform-extracted substances in sea bottom sediments is statistically distinguishable, and according to the 2015 survey, not only the content of chloroform-extractable substances, but also oil hydrocarbons is statistically distinguishable.

The sediments state of Kozachya and Kamyshovaya bays during the study period did not differ significantly by any of the criteria under consideration.

The sea bottom sediments of Kamishovaya and Streletskaya bays over the years of research had different pollution levels, but this difference was not confirmed statistically. Based on a comparison of statistical data obtained using the Mann-Whitney U-test estimation of the interannual studied parameters variability and comparison of the average ranks to assess the significance of differences in the state of sea bottom sediments of the studied objects within one year was made. Statistical estimates were obtained contradicting the expert ones. The difference in the content of chloroform-extractable substances in the sea bottom sediments, which significantly affects the state of the bottom community, was not identified as significant when using the specified statistical criterion. In this case, we can point to the inapplicability of these non-parametric methods for the studied parameters evaluation.

Thus, in the research period (2009 - 2015) in Streletskaya bay registered (on average over the water area) a decrease of organic pollution level. In the remaining bays, the level corresponding to the relatively clean water areas was reserved. In Streletskaya bay from 2009 to 2015, with a decrease in the average pollution indicators of chloroform-extractable substances and oil hydrocarbons in the water area, there was a spatial redistribution of pollutants change; some areas are cleaned, others accumulate pollution. The use of some statistical tools (Mann-Whitney U-test and comparison of average ranks) showed insufficient sensitivity of these criteria for use in such studies. Statistical estimates did not reveal differences that exist in accordance with expert estimates based on the response of the bottom community to the presence of chloroform-extractable substances in sea bottom sediments.

Keywords: chloroform-extractable substances, oil hydrocarbons, sea bottom sediments, Mann-Whitney U criteria, comparison of mean ranks, harbor waters, Black Sea.

References

1. Sanitary-biological investigation in coastal area of Sevastopol region. 192 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2009)
2. Mironov O. G., Kiryukhina L. N., Alyomov S. V. Sanitary-biological aspects of the Sevastopol bays ecology in XX century. 185 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2003)
3. <https://www.sevmp.ru>
4. Polisovalaya A. I., Tikhonova E. A. Ecological condition of sea bottom sediments of the port water area (on the example of Kamyshova Bay, the Black Sea). *Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference «Pontus Euxinus 2017»* (Sevastopol, 2017), P. 169 – 171.
5. Tikhonova E. A., Kotelyanets E. A., Volkov N. V. Characteristic of pollution of the bottom deposits in the coastal area of Sevastopol on the example on the Streletskaya bay (the Black Sea), *Ecological safety of coastal and shelf zones of sea*, **1**, 74 (2018).
6. Draft Strategy for Social and Economic Development of the City of Sevastopol until 2030, Resolution of the Government of Sevastopol from 17.04.2017 № 315-PP. 133 p. (Sevastopol, 2017)
7. Kotelyanets E. A., Gurov K. I., Tikhonova E. A., Soloveva O. V., Some geochemical indicators of sea bottom sediments in coastal waters under the influence of anthropogenous factor (using Kazachya bay, Sevastopol, as an example), *Bulletin of Udmurt University Series Biology. Earth Sciences*, **1**, 5 (2017)
8. Oradovsky S. G., A guideline to methods of chemical analysis of sea waters, 208 p. (L., Gidrometeoizdat, 1977).
9. Mironov O. G., Milovidova N. Yu., Kiryukhina L. N. About the maximum permissible concentrations of oil products in bottom sediments of the coastal zone of the Black Sea, *Hydrobiological journal*, **22**, 6, 76 (1986).
10. Alyomov S. V., Tikhonova E. A. Harakteristika donnyh osadkov i makrozoobentosa b. Kazach'ya v pervoj dekadke XXI veka, *Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources*, **1**, 26 (2012).
11. Neue Niederlandische Liste // Altlasten Spektrum 3/95.
12. Ignat'eva O. G., Orekhova N. A., Romanov A. S., Kotel'yanec E. A. Fiziko-himicheskie harakteristiki donnyh otlozhenij buhty Kazach'ej (Chernoe more), kak pokazateli ee ehkologicheskogo sostoyaniya, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Ser. biology, chemistry*, **18** (58), 43 (2005).
13. Tikhonova E.A. The long-term dynamics of the sea bottom sediments pollution of the Kruglaya bay (Black sea), *Marine Biological Journal*, **1**, 1, 70 (2016).
14. Stuart G. Wakeham and Roy Carpenter Aliphatic hydrocarbons in sediments of Lake Washington', *Limnology and oceanography*, **21** (5), 711 (1976).
15. Charles R. Phillips, James R. Payne, James L. Lambach, Garry H. Farmer, Robert R. Sims. Georges bank monitoring program: hydrocarbons in bottom sediments and hydrocarbons and trace metals in tissues, *Marine Environmental Research*, **22**, 1, 33 (1987).