

Т.В.Витер

*Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь*

### **ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА В РАЙОНЕ ПРИЧАЛОВ Б. ГОЛЛАНДИЯ И В РАЙОНЕ ГРЭС (Б. СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ)**

Изучены таксономический состав, трофическая структура, количественные характеристики сообществ макрозообентоса в районе причалов бухты Севастопольская. Отмечено, что видовое богатство и разнообразие макрозообентоса на прилегающих к причалам участках ниже, чем на удалении 20 – 35 м от них.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *макрозообентос, причал, таксономический состав, трофическая структура, индекс AMBI.*

В настоящее время антропогенное загрязнение и, в частности, загрязнение нефтепродуктами стало одной из самых больших экологических проблем для прибрежной зоны Черного моря. В особенности это касается северной и северо-западной части прибрежной зоны.

Одним из наиболее удобных, информативных и надежных биологических индикаторов состояния акватории и его изменения под действием антропогенных факторов является бентос [1]. Продолжительность жизненных циклов организмов зообентоса, по сравнению с планктонными организмами, существенно выше. Кроме того, донные беспозвоночные, в основном, ведут оседлый образ жизни, поэтому состояние сообществ донных беспозвоночных характеризует не только экологическое состояние акватории в целом, но и конкретных ее участков. Макрозообентос довольно стабилен в пространстве и времени, и его характеристики преимущественно определяются общим состоянием среды.

Ещё в начале XX в. Севастопольские бухты были объектом обширных гидробиологических исследований; именно тогда начали изучать распространение антропогенной нагрузки не на отдельные организмы, а на целые комплексы [2]. К откликам, отражающим реакцию бентосных сообществ на усиление загрязнения, относятся такие явления, как смена доминирующих форм, снижение численности отдельных видов или их полная элиминация. Все это приводит к обеднению видового состава и, как следствие – к нарушениям в трофических цепях. При этом обычно трофическая структура бентоса упрощается, биоценозы заменяются на более простые, но играющие большую роль в самоочищении водоема, уменьшается доля животных с фильтрационным типом питания, увеличивается доля детритофагов-глотателей, изменяется влияние плотоядных животных [3].

Различные гидротехнические сооружения, возводимые в портовых акваториях, также могут оказывать негативное воздействие на донные сообщества гидробионтов, разрушая естественные биоценозы в местах строительства, изменяя гидрологические условия среды и т. п. Ранее проводились работы по исследованию сообществ обрастаний различных молов, свай и причальных стенок в системе севастопольских бухт [4 – 6], а также состоя-

ния бентосных сообществ вблизи некоторых гидротехнических сооружений портовых акваторий Севастополя [7 – 9], а также других городов [10, 11], однако они содержат противоположные выводы. Поэтому необходимо дальнейшее изучение влияния различных гидротехнических сооружений на состояние прилегающих к ним сообществ макрозообентоса рыхлых грунтов. Проведение систематических исследований бентосных сообществ в районах, подверженных хроническому антропогенному воздействию, позволяет не только оценить состояние макрозообентоса в исследуемых прибрежных акваториях, но и получать данные для прогнозирования изменений состояния донных биоценозов в случае изменения уровня антропогенной нагрузки.

Целью работы является изучение разнообразия и структурных характеристик сообществ макрозообентоса на участках, расположенных на разном удалении от причалов в районе б.Голландия и в районе ГРЭС (б.Севастопольская). Севастопольская бухта представляет полузамкнутую акваторию эстуарного типа с диапазоном глубин от 2 до 20 м. Акватория бухты в значительной степени подвержена воздействию разнообразных загрязнений, среди которых преобладают нефтяные углеводороды [12].

**Материал и методы.** Материалом для анализа послужили пробы макрозообентоса, отобранные в октябре 2010 г. на 8 станциях, находящихся в районе причалов б.Голландия, а также на 4 станциях в районе причала ГРЭС (б.Севастопольская) (рис.1).

В б. Голландия пробы отбирались на станциях, находящихся на расстоянии 2 и 20 – 30 м от двух причалов: ПГ-1 (ст.1 – 4) и ПГ-2 (ст.5 – 8). На расстоянии 2 м от причалов б.Голландия глубина составила 3 м, на расстоянии 20 – 30 м от причалов 4 – 9 м. Грунт на станциях был представлен песком, а также песком с примесью ракушки.

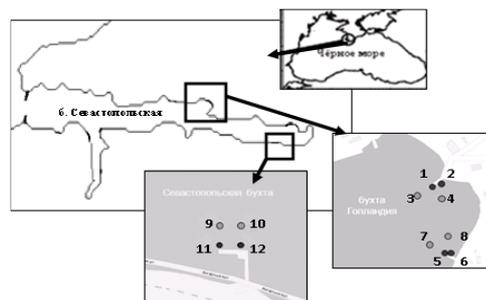


Рис. 1. Район отбора проб.

В районе ГРЭС пробы отбирались в мае 2010 г. на расстоянии 2 м (ст.9 – 10), а также на расстоянии 30 – 35 м от причала (ст.11 – 12). Грунт представлял собой серый песок с примесью ила.

Отбор проб производили дночерпателем Петерсена (площадь захвата 0,038 м<sup>2</sup>) в двух повторностях. Донный осадок промывали через сито (диаметр ячеек 1 мм), фиксировали этанолом (96°), а затем просматривали под биноклем.

Таксономическая обработка осуществлялась по [13], определялась численность и сырой вес организмов макрозообентоса (фиксированных спиртом). Взвешивание двустворчатых моллюсков проводилось после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета *PRIMER-5*. В программе *DIVERSE* выполнен расчёт индексов разнообразия Шеннона (использован логарифм по основанию 2) [14], а также индексов выравненности Пиелю [15]. Также проводился расчёт морского биотического индекса *AMBI* [16]. Расчет индексов производился с помощью соот-

ветствующего программного продукта, доступного на официальном сайте технологического центра *AZTI-Tecnalia* [17].

**Результаты и обсуждение.** Всего нами было идентифицировано 58 видов донных беспозвоночных (в том числе 21 вид – полихеты, 10 видов – ракообразные, 13 – брюхоногие моллюски и 9 – двустворчатые моллюски).

В пробах из б.Голландия отмечено 50 видов макрозообентоса, в том числе 20 видов полихет, 9 – ракообразных, 10 видов брюхоногих моллюсков и 8 – двустворчатых, а также мшанки, хитоны и малощетинковые черви. В районе ГРЭС обнаружено 26 видов донных беспозвоночных, в том числе 10 видов полихет, 4 – ракообразных, 9 видов брюхоногих и 4 вида двустворчатых моллюсков, а также мшанки, малощетинковые черви и немертины.

Встречаемость основных видов макрозообентоса в исследованных районах представлена в табл.1.

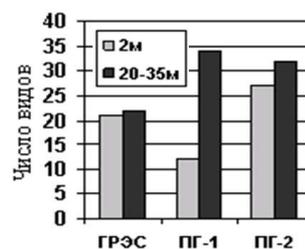
Из общего числа видов у 15 встречаемость составила более 50 %. В районе ГРЭС на всех станциях встречаются организмы, устойчивые к воздействию нефтяного загрязнения [18, 19] – моллюски-детритофаги *Bittium reticulatum*, *Hydrobia acuta*, полихеты *Heteromastus filiformis*, *Nephtys cirrosa*, а также митилиды и усонogie рачки *Amphibalanus improvisus*, отмеченные на крупных створках мидий. В б.Голландия на всех исследованных станциях были отмечены *B. reticulatum*, мидии, баянусы и сидячие полихеты *Ficopomatus enigmaticus*.

В целом, видовое богатство было выше на удалении 20 – 35 м от причалов (рис.2).

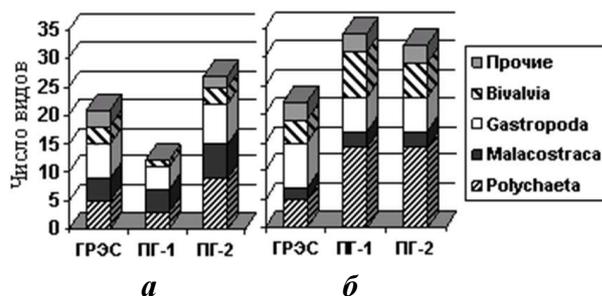
Увеличение видового богатства на удаленных станциях происходило за счет увеличения доли полихет и двустворчатых моллюсков в разнообразии бентоса. Однако здесь также наблюдалось уменьшение доли ракообразных (рис.3).

Средние плотность и биомасса сообществ макрозообентоса на исследованных участках колебались в значительных пределах (рис.4).

Плотность макрозообентоса в районе ГРЭС варьировала от 864 до 4202 экз./м<sup>2</sup>. На расстоянии 2 м от причала основной вклад в плотность вносили *H. acuta*, *B. reticulatum* и *H. filiformis*, на расстоянии 20 м – *A. improvisus*



Р и с . 2 . Распределение числа видов макрозообентоса на отдельных участках исследованных районов.



Р и с . 3 . Число видов макрозообентоса в исследуемых районах (2 и 20 – 35 м от причалов).

и *H. filiformis*.

В районе причалов б.Голландия плотность была выше – от 3775 до 43930 экз./м<sup>2</sup>. На расстоянии 2 м от первого причала (ПГ-1) по численности доминировали организмы-обрастатели – сидячие черви *Spirobranchus triqueter*, *F. enigmaticus* и усонogie рачки *A. improvisus*. На рас-

Т а б л и ц а 1. Встречаемость (%) основных видов макрозообентоса в исследуемых районах.

наименование таксона	встречаемость		
	ГРЭС	б. Голландия	общая
<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	75,0	62,5	66,7
<i>Anadara inaequalis</i> (Bruguière, 1789)	–	37,5	25,0
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	–	37,5	25,0
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	100,0	100,0	100,0
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	100,0	50,0	66,7
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	–	62,5	41,7
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	100,0	100,0	100,0
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	100,0	37,5	58,3
<i>Mangelia costata</i> (Pennant, 1777)	50,0	62,5	58,3
<i>Nassarius reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	75,0	75,0	75,0
<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)	50,0	50,0	50,0
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)	50,0	75,0	66,7
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	100,0	100,0	100,0
<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814])	–	50,0	33,3
<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	–	87,5	58,3
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	50,0	12,5	25,0
<i>Iphinoe</i> sp.	50,0	12,5	25,0
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	75,0	62,5	66,7
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	–	50,0	33,3
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923)	–	100,0	66,7
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	–	75,0	50,0
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	100,0	37,5	58,3
<i>Nephtys cirrosa</i> (Ehlers, 1868)	100,0	25,0	50,0
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1834)	25,0	87,5	66,7
<i>Polydora limicola</i> Annenkova, 1934	75,0	–	25,0
<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	–	50,0	33,3
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)	–	50,0	33,3
<i>Scrupocellaria bertholletii</i> (Audouin, 1826)	75,0	–	25,0
<i>Lepidochitona (Lepidochitona) cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	–	37,5	25,0
Nemertea	75,0	–	25,0
Oligochaeta	75,0	50,0	58,3

стоянии 30 – 35 м преобладал моллюск *B.reticulatum* (41%), здесь также были многочисленны *S. triqueter*, *F. enigmaticus* и *Mytilaster lineatus*. На расстоянии 2 м от второго причала (ПГ-2) основной вклад в численность вносил *M. lineatus* (50,7 %), также преобладали *F. enigmaticus* и *B. reticulatum*. На участках, удаленных от второго причала на 20 м, по численности также доминировали *B. reticulatum* (34,0 %), *F. enigmaticus* и *M. l ineatus*.

Биомасса макрозообентоса на исследованных участках в районе ГРЭС варьировала от 1,4 до 39,3 г/м<sup>2</sup>. Вблизи причала основной вклад в биомассу вносили плотоядный моллюск *Nassarius reticulatus* и голландский краб

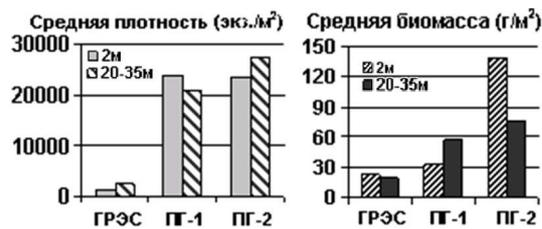


Рис. 4. Основные количественные характеристики макрозообентоса на отдельных участках исследованных районов.

расстоянии 30 – 35 м – *N. reticulatus*, *B. reticulatum* и *A. improvisus*. Вблизи от второго причала в районе б.Голландия доминировал *N. reticulatus* (83,7 %), а на удалении – *B. reticulatum*, *A. improvisus*, *N. reticulatus* и *M. lineatus*.

Трофическая структура сообществ макрозообентоса в исследованных районах представлена на рис.5.

Вблизи причала в районе ГРЭС по численности преобладали детритофитофаги (79,4 %). На удалении 30 – 35 м их доля снижается до 58,5 % за счет увеличения численности фильтраторов – митилид и обрастающих их створки баянусов.

В районе причалов б.Голландия, наоборот, вблизи причалов доминировали сестонофаги (81,2 – 96,5 %), а на расстоянии 30 – 35 м их вклад в численность макрозообентоса снижается до 54,3 – 62,7 % за счет увеличения доли *B. reticulatum*.

Существенный вклад в биомассу макрозообентоса в районе причала ГРЭС б.Севастопольская вносили плотоядные моллюски *N. reticulatus* (43,6 – 60,4 %). На удалении 30 – 35 м от причала увеличивается доля сестонофагов (до 23,2 %) за счет увеличения доли двустворчатых моллюсков – *Loripes lucinalis* и *Abra segmentum*.

Вблизи первого причала б.Голландия (ПГ-1) основной вклад в биомассу донных беспозвоночных вносили сестонофаги (83,8 %), а вблизи второго причала (ПГ-2) – плотоядные животные (83,7 %).

На расстоянии 30 – 35 м от причалов как в б.Голландия, так и в районе ГРЭС резкого доминирования отдельных трофических групп не наблюдалось.

Значения индексов разнообразия Шеннона  $H'$  (с использованием логарифма по основанию 2), а также индексов выравненности Пиелю  $J'$  приведены в табл.2.

В целом наблюдается увеличение индексов разнообразия Шеннона и выравненности Пиелю на удалении 20 – 35 м от причалов для всех исследованных районов. Заметное снижение индексов вблизи второго причала в б.Голландия обусловлено значительным до-

*Rhithropanopeus harrisii*. На расстоянии 20 м от причала преобладали *N. reticulatus*, *Loripes lucinalis* и *B. reticulatum*.

Биомасса макрозообентоса в районе б.Голландия варьировала от 27,2 до 202,7 г/м<sup>2</sup>. На расстоянии 2 м от первого причала наибольший вклад в биомассу вносил *A. improvisus* (69,3 %), на



Рис. 5. Трофическая структура макрозообентоса (% от биомассы).

Т а б л и ц а 2. Показатели разнообразия макрозообентоса в районе причалов у ГРЭС и в б.Голландия.

район	$H'$		$J'$	
	2 м	20 – 30 м	2 м	20 – 30 м
причал у ГРЭС	1,90	2,69	0,43	0,60
ПГ-1	1,56	2,38	0,44	0,46
ПГ-2	1,03	2,46	0,22	0,49

минированием по биомассе *N. reticulatus*.

На основании полученных данных по характеристикам донных сообществ исследованной акватории нами был проведен расчет морского биотического индекса

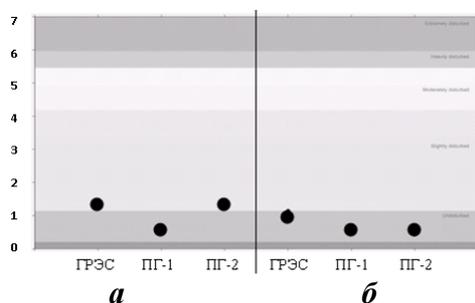
*AMBI* (*M-AMBI*). Это один из наиболее распространенных экологических индикаторов для оценки состояния морских экосистем европейских морей [20 – 22], основанный на показателях доминирования различных экологических классов организмов макрозообентоса мягких грунтов.

Значения индексов *AMBI* и *M-AMBI* для исследованных районов представлены на рис.6 – 7.

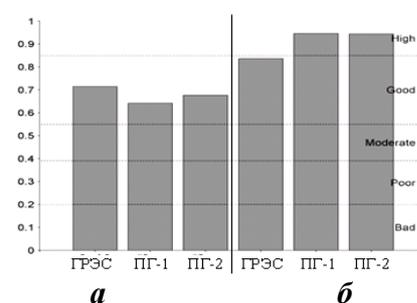
Вблизи причалов значения индексов *AMBI* на большинстве станций соответствуют слегка нарушенным сообществам, а значения индексов *M-AMBI*, в соответствии с рекомендациями *WFD 2000/60/EC*, – «хорошему» экологическому статусу акватории. На расстоянии 20 – 35 м значения индексов *AMBI* соответствуют ненарушенным сообществам, а значения индексов *M-AMBI* – «высокому» экологическому статусу акватории.

**Выводы.** Таким образом, на исследованных участках акватории нами было отмечено 58 видов макрозообентоса. Видовой состав донных сообществ в целом характерен для портовых акваторий б.Севастопольская [18, 23]. Вблизи причалов наблюдалось снижение видового богатства, индексов разнообразия Шеннона и выравненности Пиелю, а также упрощение трофической структуры донных сообществ. По результатам расчета морского биотического индекса *AMBI* сообщества макрозообентоса в исследованных районах в основном характеризуются как слабо нарушенные, а экологический статус акватории оценивается как «хороший» вблизи причалов и «высокий» на удалении 20 – 35 м.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность с.н.с. Алемову С.В., а также Волкову Н.Г. за помощь в сборе материала.



Р и с . 6. Значения индексов *AMBI* для исследованных районов (на расстоянии 2 м (а) и 20 – 35 м (б) от причала).



Р и с . 7. Значения индексов *M-AMBI* для исследованных районов (на расстоянии 2 м (а) и 20 – 35 м (б) от причала).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений* / Под ред. В.А.Абакумова.– Л.: Гидрометеиздат, 1983.– 239 с.
2. *Чигирин Н.И.* Бентос мягких грунтов Севастопольской бухты.– Архив ИнБЮМ НАНУ, 1938.– 43 с.
3. *Lee K., Levy E.M.* Biodegradation of petroleum in the marine environment and its enhancement / J. O. Nriagu & J. S. Lakshminarayana (eds.).– Aquatic toxicology and water quality management.– 1989.– v.22.– P.217-243.
4. *Валовая Н.А., Казанкова И.И.* Вертикальное распределение черноморских мидий на сваях // Биология моря.– 1979.– вып.48.– С.53-55.
5. *Козлова О.В.* Поселение митилид на южном молу Севастопольской бухты // VI Всеукр. науч.-пр. конф. молодых ученых по проблемам Черного и Азовского морей «Понт Эвксинский 2005» (Севастополь, 24 – 27 мая, 2005 г.).– Севастополь, 2005.– С.63.
6. *Миловидова Н.Ю.* Количественная характеристика мидий и митилястров гидротехнических сооружений и их роль в самоочищении портовых акваторий // Экология моря.– 1986.– вып.23.– С.78-82.
7. *Витер Т.В.* Бентосные сообщества в районе гидротехнических сооружений нефтегавани (Севастопольская бухта, Чёрное море) // Наук. Зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Биол.– 2010.– № 3 (44).– С.40-44.
8. *Витер Т.В.* Макрозообентос гидротехнических сооружений Нефтегавани (Севастопольская бухта, Чёрное море) // Экология моря.– 2009.– вып.78.– С.28-33.
9. *Витер Т.В.* Сообщества макрозообентоса в районе молов бухт Севастопольская и Камышовая // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011.– вып.25, т.1.– С.408-416.
10. *Лосовская Г.В., Синегуб И.А., Рыбалко А.А.* Сравнение видового состава и количественного развития полихет обрастания и бентоса на примере Одесского порта // Морской экологический журнал.– 2004.– т.1, № 3.– С.51-58.
11. *Терентьев А.С., Литвиненко Н.М.* Состояние донного сообщества в Керченском торговом порту. <http://www.ecologylife.ru/ekologiya-chernogo-morya-2003/1437.html>.
12. *Мионов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В.* Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– 185 с.
13. *Определитель фауны Чёрного и Азовского морей:* в 3 т.– Киев: Наукова думка, 1972.– т.3.– 340 с.
14. *Willhm J.L., Dorris T.C.* Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents // Amer. Midland Natur.– 1966.– 76, № 2.– P.427-429.
15. *Pielou E.C.* The measurement of diversity in different types of biological collections // J. Theoret. Biol.– 1966.– 13.– P.131-144.
16. *Muxika I., Borja A., Bonne W.* The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts // Ecological indicators.– 2005.– 5.– P.19-31.
17. <http://www.azti.es>.
18. *Алёмов С.В.* Оценка экологического качества портовых акваторий региона Севастополя по характеристикам сообществ макрозообентоса // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009.– вып.18.– С.19-29.

19. *Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана* / Под ред. О.Г.Миронова.– СПб: Гидрометеиздат, 1985.– т.4.– 136 с.
20. *Muxika I., Borja A., Bonne W.* The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts // *Ecological indicators.*– 2005.– 5.– P.19-31.
21. *Borja A., Franco J., Pérez V.* A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments // *Mar. Poll. Bull.*– 2000.– 40, № 12.– P.1100-1114.
22. *Borja A., Muxika I., Franco J.* The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts // *Mar. Poll. Bull.*– 2003.– 46.– P.835-845.
23. *Осадчая Т.С., Алёмов С.В., Тихонова Е.В., Консулова Т., Тодорова В., Штерева Г.* Особенности пространственного распределения нефтяных углеводородов и структуры макрозообентоса бухт Севастопольская и Варна // *Системы контроля окружающей среды.*– Севастополь, 2010.– вып.13.– С.247-255.

Материал поступил в редакцию 20.06.2013 г.

*АНОТАЦІЯ* Визначено видовий склад, трофічна структура, а також кількісні характеристики угруповань макрозообентосу у районі причалів б. Голандія та у районі МРЭС (б. Севастопольська). Відмічено, що видове багатство та різноманіття макрозообентосу поблизу причалів нижче, ніж на видаленні 20 – 35 м від них.

*ABSTRACT* Species composition, trophic structure and quantitative characteristics of benthic communities in the piers area of Sevastopol bay were studied. Species richness and diversity of macrozoobenthic communities were lower in the piers area than those of 90 m apart.