

Т.В.Витер

Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

МАКРОЗООБЕНТОС ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ БУХТ СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ И КАМЫШОВАЯ

Изучены таксономический состав, трофическая структура, количественные характеристики сообществ макрозообентоса в районе молов бухт Севастопольская и Камышовая. Отмечено, что численность и биомасса макрозообентоса на прилегающих к молам участках ниже, чем на удалении 90 м от них.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *макрозообентос, гидротехнические сооружения, мол, таксономический состав, трофическая структура, индекс AMBI.*

Последние десятилетия знаменуются усилением антропогенных воздействий на морские экосистемы в результате загрязнения морей и океанов. Распространение многих загрязняющих веществ приобрело локальный, региональный и даже глобальный масштабы. В прибрежных водах, особенно в портовых акваториях, одними из наиболее опасных в биологическом отношении и наиболее распространёнными загрязнителями являются нефть и нефтепродукты. Поэтому огромную значимость приобретает сегодня изучение экологического состояния окружающей среды и, в частности, Черного моря и прибрежных акваторий Севастополя.

Макрозообентос является одним из узловых звеньев биотического круговорота вещества и трансформации энергии в прибрежных экосистемах. Пространственная стабильность и относительное долголетие макробентосных организмов и сообществ делает их наиболее удобными объектами в исследовании долговременных изменений морской среды под воздействием загрязнения. Одним из направлений исследований макрозообентоса является систематическое наблюдение за состоянием донных биоценозов. Проведение таких исследований в районах, подверженных хроническому загрязнению, например, крупных портах, может давать материал для прогнозирования изменений биоты в случае дальнейшего усиления или ослабления антропогенного воздействия, а также для моделирования этих процессов. Помимо этого, эти исследования необходимы для решения задач биомониторинга.

Одним из факторов, влияющих на экологическое состояние прибрежной зоны Черного моря, является возведение различных гидротехнических сооружений, в том числе молов и волноломов. При этом происходит разрушение естественных донных биоценозов в местах строительства. Снижение самоочищающей способности портовых акваторий в определённой мере компенсируется сообществом обрастаний, развивающемся на гидросооружениях, в состав которого входят организмы-фильтраторы. Организмы сообщества обрастаний участвуют в процессах самоочищения и формирования качества морских вод [1]. Ранее исследовалось мидийное обрастание молов у входа в Севастопольскую и Камышовую бухту, а также различных свай и причальных стенок в системе Севастопольских бухт [2 – 4]. Однако

изучение влияния гидротехнических сооружений на состояние бентосных сообществ рыхлых грунтов прилегающих портовых акваторий также имеет большое значение для определения допустимых антропогенных нагрузок на акватории, а также для управления качеством прибрежных вод. В то же время следует отметить недостаточность имеющейся информации о влиянии гидротехнических сооружений, в том числе и систем гидробиологической очистки, на состояние бентосных сообществ на прилегающих участках акватории. Отдельные работы по изучению макрозообентоса вблизи гидротехнических сооружений содержат противоположные выводы [5, 6].

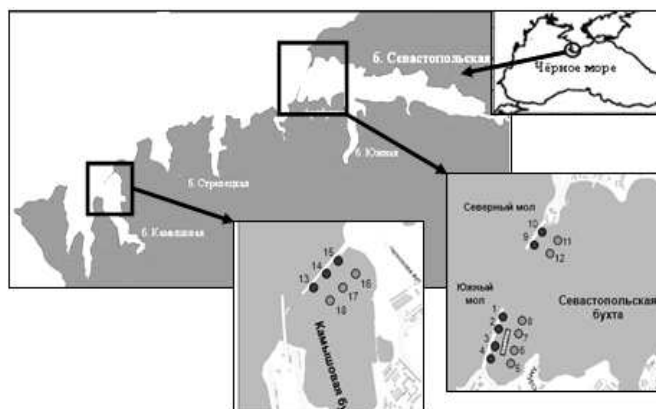
Таким образом, целью работы является изучение разнообразия и структурных характеристик сообществ макрозообентоса на участках, расположенных на разном удалении от молов бухт Севастопольская и Камышовая.

Севастопольские бухты являются тем полигоном, где отрабатываются методы санитарно-биологических исследований с учётом общих прогнозов экологической ситуации на Чёрном море и в Крымском регионе в особенности [7, 8]. Бухты Севастопольская и Камышовая были выбраны в качестве района исследования, поскольку они различны по происхождению, уровню загрязнения донных осадков, антропогенной нагрузке.

Материал и методы. Изучение сообществ макрозообентоса проводили в сентябре 2009 г. – апреле 2011 г. на 12 станциях, находящихся на в районе Северного и Южного молов Севастопольской бухты, а также на 6 станциях, расположенных в районе Восточного мола Камышовой бухты (рис.1).

В районе б.Севастопольская пробы отбирали в сентябре 2009 г. и марте – апреле 2011 г. на станциях, находящихся на расстоянии 30 – 40 м от молов (ст.1 – 4, 9 – 10), а также на расстоянии 90 м от молов (ст.5 – 9, 11 – 12). В 2009 г. пробы отбирали в трех повторностях, в 2011 г. – в двух.

На расстоянии 30 – 40 м от молов Севастопольской бухты глубина составила 7 – 10 м на ст.1 – 3, 3 м – на ст.4, 12 м – на ст.9 и 5 м – на ст.10. На расстоянии 90 м от молов глубина составляла 11 – 13 м на ст.5 – 8 и 11, 15 м – на ст.12. Грунт на станциях в районе Южного мола преимущественно представлял собой ил с примесью песка, на ст.6 и 7 – ил с порами рака уполгемии. В районе ст.2 – 3 расположено мидийное хозяйство. В районе Северного мола обнаружен крупный песок с примесью ракуши.



Р и с . 1 . Район отбора проб.

В районе б.Камышовая пробы отбирались в сентябре 2009 г. и апреле 2011 г. на расстоянии 30 – 40 м (ст.13 – 15), а также 90 м от мола (ст.16 – 18). В 2009 г. пробы отбирали в трех повторностях, в 2011 г. – в двух. На расстоянии 30 – 40 м от мола глубина составляла 13 – 14 м (ст.13 – 14) и 9 м (ст.15), на расстоянии 90 м – 9, 11 и 13 м (ст.16, 17 и 18 соответственно). На большинстве станций грунт был представлен песком, иногда с примесью ракуши, на ст.14 и 15 – илом с запахом сероводорода.

Отбор проб производился дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,038 м² в двух повторностях. Донный осадок промывался через сито (диаметр отверстий 1 мм) и фиксировался этанолом (96°). Затем в лабораторных условиях проводилась обработка фиксированного материала.

Таксономическая обработка осуществлялась по [9], определялась численность и сырой вес организмов макрозообентоса (фиксированных спиртом). Взвешивание двустворчатых моллюсков проводилось после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости.

В программе *DIVERSE* пакета *PRIMER-5* выполнен расчёт индексов разнообразия Шеннона (использован логарифм по основанию 2) [10], а также индексов выравнивания Пиелу [11]. На основании полученных данных по характеристикам донных сообществ исследованной акватории нами был проведен расчет морского биотического индекса *AMBI* [12]. Расчет индексов производился с помощью соответствующего программного продукта, доступного на официальном сайте технологического центра *AZTI-Tecnalia* [13].

Результаты и обсуждение. За весь период исследований в составе макрозообентоса отмечено 94 вида, в том числе Polychaeta 33, Malacostraca 16, Gastropoda 17, Bivalvia 21, а также мшанки, малощетинковые черви, хитоны, офиуры, немертины. Преобладание моллюсков и многощетинковых червей в составе бентосных сообществ в целом характерно для прибрежных районов Крыма [14].

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

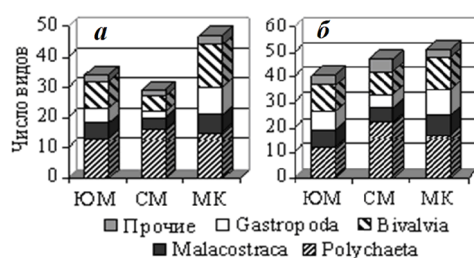
Из общего числа видов у 13 встречаемость составила более 30 %, 5 видов встречались более чем на половине станций. Чаще других на исследованных станциях б.Севастопольская встречаются организмы-детритофитофаги – брюхоногий моллюск *Bittium reticulatum* (более 80% станций), полихеты *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis*, рак-отшельник *Diogenes pugilator*, а также митилиастеры (более 50 % станций). Подавляющее большинство массовых видов, отмеченных для района Южного мола, характерны для загрязненных участков Севастопольской бухты [15]. В б.Камышовая часто встречались *B. reticulatum*, двустворчатые моллюски *Lucinella divaricata*, *Pitar rudis*, *Abra nitida*, характерные для менее загрязненных акваторий [16], а также полихеты *H. filiformis*, *Nephtys cirrosa*, митилиды и олигохеты (более 50 % станций).

Наибольшее разнообразие бентоса отмечалось в районе мола б.Камышовой (рис.2). В целом, число видов макрозообентоса было выше в районе мола б.Камышовая. В районе Южного мола Севастопольской бухты, а также мола Камышовой бухты доля моллюсков составляла более 40 %, в районе Северного мола б.Севастопольская наблюдалось увеличение доли полихет до 47 – 50 % в разнообразии макрозообентоса.

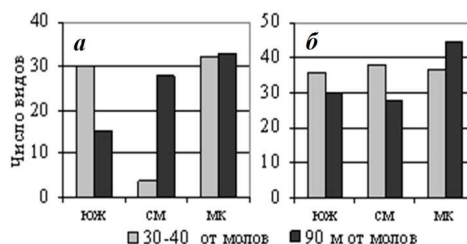
Т а б л и ц а 1. Встречаемость (%) основных видов макрозообентоса в районе молов бухт Севастопольская и Камышовая.

наименование таксона	встречаемость			
	ЮМ	СМ	МК	общая
<i>Abra nitida</i> (Müller, 1776)	18,8	0	58,3	25,7
<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	31,2	0	41,7	24,3
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	18,8	0	75,5	31,4
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1790)	50,0	54,2	83,3	62,5
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)	12,5	58,3	65,0	45,3
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	18,8	12,5	50,0	27,1
<i>Pitar mediterraneus</i> (Aradas & Benoit, 1872)	37,5	0	50,0	29,2
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	31,3	66,7	75,0	57,7
<i>Bittium reticulatum</i> (Costa, 1799)	81,3	83,3	91,7	85,4
<i>Mangelia costata</i> (Pennant, 1777)	31,3	54,2	50,0	45,2
<i>Balanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	37,5	70,8	16,7	41,7
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1828)	62,5	70,8	25,0	52,8
<i>Alitta succinea</i> (Frey & Leuckart, 1847)	25,0	29,2	0	18,1
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	68,8	62,5	41,7	57,7
<i>Dorvillea rubrovittata</i> (Grube, 1855)	6,3	54,2	0	20,2
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	81,3	83,3	66,7	77,1
<i>Nephtys cirrosa</i> (Ehlers, 1868)	31,3	45,8	58,3	45,1
<i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen, 1884)	0	0	50,0	16,7
<i>Phyllodoce</i> sp.	6,3	58,3	41,7	35,4
<i>Oligochaeta</i> g. sp.	50,0	45,8	66,7	54,2

Примечание: ЮМ – Южный мол б.Севастопольская, СМ – Северный мол б.Севастопольская, МК – мол б.Камышовая.

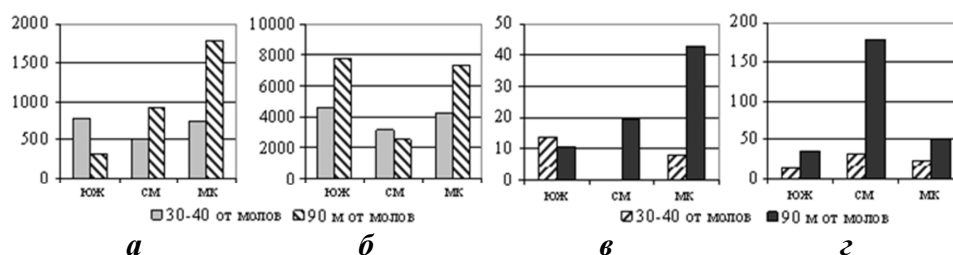


Р и с . 2 . Число видов макрозообентоса в исследуемых районах в 2009 (а) и 2011 (б) гг.



Р и с . 3 . Распределение числа видов макрозообентоса на отдельных участках исследованных районов в 2009 (а) и 2011 (б) гг.

В районе Южного мола б.Севастопольская видовое богатство было выше на расстоянии 30 – 40 м, в б.Камышовая число видов было несколько выше на расстоянии 90 м от мола (рис.3).



Р и с . 4. Основные количественные характеристики макрозообентоса (средняя плотность (экз./м²) (а, б) и средняя биомасса (г/м²) (в, з)) на отдельных участках исследованных районов в 2009 (а, в) и 2011 (б, з) гг.

Средняя плотность макробентоса колебалась в значительных пределах (рис.4). Плотность макрозообентоса в 2009 г. на большинстве выполненных станций составляла 400 – 800 экз./м², в среднем равняясь 642 ± 205 экз./м². Только на расстоянии 90 м от мола б.Камышовая средняя численность составляла 1786 ± 1038 экз./м² за счет доминирования мидий (до 2300 экз./м²). В 2011 г. наблюдалось значительное увеличение плотности макробентоса до 3000 – 6000 экз./м², обусловленное ростом численности *B. reticulatum*, средняя плотность поселений которого составляла 2967 ± 2437 экз./м².

В районе Южного мола на расстоянии 30 – 40 м в 2009 г. доминировала полихета *H. filiformis*, на расстоянии 90 м – *C. capitata*. В 2011 г. на большинстве станций Южного мола доминировал *B. reticulatum*.

В районе Северного мола в 2009 г. основной вклад в плотность макрозообентоса вносила *C. capitata*, а на расстоянии 90 м – *M. lineatus*. В 2011 г. *M. lineatus* преобладал на расстоянии 30 – 40 м от мола, а на расстоянии 90 м основной вклад в численность вносили серпулиды.

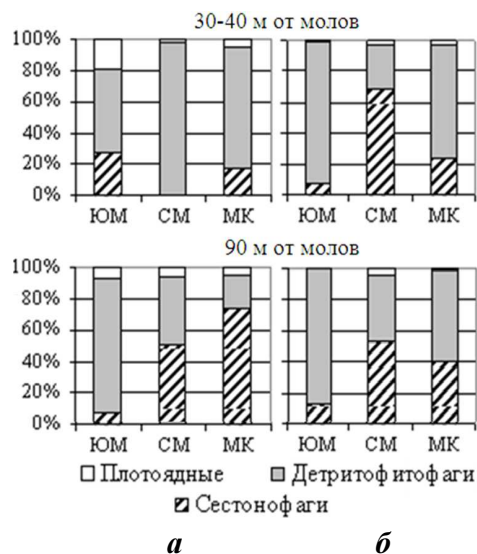
В районе мола б.Камышовой на расстоянии 30 – 40 м 2009 – 2011 гг. доминировал *B. reticulatum*, на расстоянии 90 м в 2009 г. доминировал *M. lineatus*, а в 2011 г. – *B. reticulatum* и *M. lineatus*.

Биомасса макрозообентоса на большинстве станций составляла 10 – 50 г/м² (рис.4). Минимальное значение биомассы отмечалось в 2009 г. на расстоянии 30 – 40 м от Северного мола (0,17 г/м²), а максимальное – в 2011 г. на расстоянии 90 м от Северного мола (179,68 г/м²) за счет доминирования *R. venosa*, чья средняя биомасса составляла здесь 160,42 г/м².

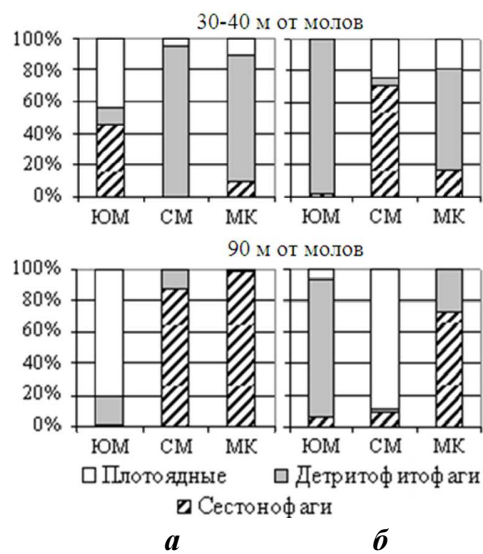
В целом средняя биомасса макрозообентоса была несколько выше в районах, удаленных от молов на 90 м. В б.Севастопольская в 2009 г. здесь преобладал *N. reticulatus* (Южный мол), *M. lineatus* и *P. rudis* (Северный мол), в 2011 г. – *B. reticulatum* (Южный мол) и *R. venosa* (Северный мол), в б.Камышовая основной вклад в биомассу за весь период наблюдений вносил *P. rudis*.

Трофическая структура сообществ макрозообентоса в исследованных районах представлена на рис.5 – 6.

В 2009 г. на расстоянии 30 – 40 м от молов по численности преобладали детритофитофаги, их доля в общей численности макрозообентоса составляла 53 – 98 % (рис.5, а). На расстоянии 90 м в районе Северного мола б.Севастопольская и мола б.Камышовая отмечалось увеличение доли сестонофагов до 50 – 74 %. В районе Южного мола б.Севастопольская наблюдалось снижение доли фильтраторов с 28 до 7 %.



Р и с . 5. Трофическая структура макрозообентоса (% от численности) в 2009 (а) и 2011 (б) гг.



Р и с . 6. Трофическая структура макрозообентоса (% от биомассы) в 2009 (а) и 2011 (б) гг.

В 2011 г. Трофическая структура макрозообентоса по численности была сходной на расстоянии 30 – 40 и 90 м для каждого из исследованных районов (рис.5, б). В районе Южного мола б.Севастопольская и мола б.Камышовая преобладали детритофитофаги. На расстоянии 90 м от молов наблюдалось некоторое снижение их доли в численности макрозообентоса – с 91 до 86 % в районе Южного мола, с 72 до 58 % – в районе б.Камышовая, а также увеличение доли фильтраторов.

По биомассе трофическая структура сообществ макрозообентоса в исследованных районах была различной (рис.6).

В 2009 г. на расстоянии 30 – 40 м от Северного мола б.Севастопольская и мола б.Камышовая преобладали детритофаги (95 и 79 % соответственно), а на расстоянии 90 м от них – организмы-фильтраторы (88 и 98 % соответственно). В районе Южного мола Севастопольской бухты на расстоянии 30 – 40 м от мола доминировали сестонофаги (46 %) и плотоядные (45 %), на расстоянии 90 м отмечалось увеличение доли плотоядных до 81 %. Значительный вклад плотоядных организмов в биомассу бентоса в районе Южного мола наблюдался за счет крупных хищных раков *Upogebia pusilla* на расстоянии 30 – 40 м от мола (37 %), а также крупных брюхоногих моллюсков *N. reticulatus* на расстоянии 90 м от мола (77 %).

В 2011 г. на расстоянии 30 – 40 м от Южного мола б.Севастопольская и мола б.Камышовая преобладали детритофитофаги (98 и 64 % соответственно). На расстоянии 90 м от молов их доля в биомассе бентоса уменьшается до 88 и 27 % соответственно и увеличивается доля фильтраторов. В районе Северного мола на расстоянии 30 – 40 м от мола по биомассе доминируют сестонофаги (70 %), а на расстоянии 90 м от мола их вклад в биомассу существенно снижается, и увеличивается доля плотоядных организмов (до 89 %) за счет *R. venosa*.

Т а б л и ц а 2. Показатели разнообразия макрозообентоса на отдельных участках бухт Севастопольская и Камышовая.

район	H'			J'		
	ЮМ	СМ	МК	ЮМ	СМ	МК
2009 г.						
30 – 40 м от мола	2,98	0,38	1,37	0,61	0,19	0,27
90 м от мола	1,23	2,64	1,99	0,31	0,55	0,39
2011 г.						
30 – 40 м от мола	0,96	2,64	1,99	0,19	0,50	0,38
90 м от мола	1,46	0,68	2,74	0,30	0,14	0,50

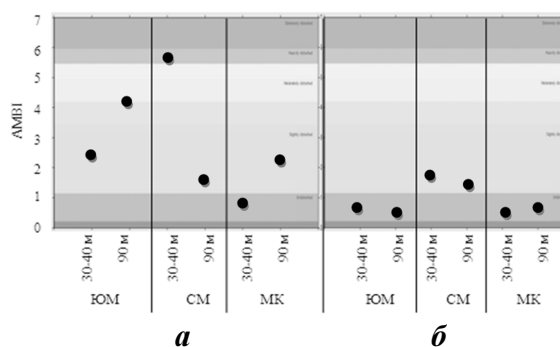
В целом, можно сделать вывод, что в районе б.Камышовой наблюдается увеличение доли фильтраторов в численности и биомассе бентосных сообществ на удалении 90 м от мола. В других исследованных районах в различные годы отмечалась различная трофическая структура бентосных сообществ.

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

В районе б. Камышовая наблюдалось увеличение индексов разнообразия Шеннона и выравненности Пиелоу на удалении 90 м от мола. Заметное снижение индексов в 2009 г. на расстоянии 30 – 40 м от Северного мола обусловлено доминированием по биомассе *U. pusilla* (37 %). Заметное снижение индексов в 2011 г. на расстоянии 30 – 40 м от Южного мола обусловлено значительным доминированием по биомассе *B. reticulatum* (77 %), на расстоянии 90 м от Северного мола – значительным доминированием по биомассе *R. venosa* (89 %).

В последние годы общепринятым компонентом экологических оценок состояния окружающей среды стали экологические индикаторы. Наиболее распространенными интегральными показателями отклика сообщества на антропогенные воздействия при оценке состояния морских экосистем европейских морей является индекс *AMBI* [12]. Он основан на показателях доминирования различных экологических классов организмов макрозообентоса мягких грунтов и позволяют ранжировать экологический статус акватории по пяти градациям (от «плохого» до «высокого») в соответствии с рекомендациями *WFD 2000/60/EC*. Этот индекс широко применяется при оценке экологического качества европейских морей [12, 17, 18].

Значения индекса *AMBI* для исследованных районов представлены на рис.7.



Р и с . 7. Значения индексов *AMBI* для исследованных районов в 2009 (а) и 2011 (б) гг.

Видно, что в 2009 г. районы молов б.Севастопольская характеризовались более высокими индексами *АМВІ*, чем в 2011 г., что соответствует на отдельных станциях умеренно и сильно нарушенным донным сообществам. В 2011 г. все станции в районе Южного мола б.Севастопольская и мола б.Камышовой соответствовали ненарушенным донным сообществам, а в районе Северного мола б.Севастопольская – к слабо нарушенным. В районе б.Камышовой значения индексов *АМВІ* несколько увеличиваются на расстоянии 90 м от мола, а в районе Северного мола б.Севастопольская наоборот, значения индекса *АМВІ* выше на расстоянии 30 – 40 м от мола.

Выводы. Таким образом, в районе молов бухт Севастопольская и Камышовой отмечается разнообразный состав сообществ макрозообентоса. На прилегающих к молам участкам наблюдается снижение плотности и биомассы макрозообентоса. В районе б.Камышовой на расстоянии 30 – 40 м от мола также наблюдается уменьшение видового богатства, снижение количественных характеристик, видового разнообразия и выравнивания распределения численности бентосных сообществ, индекса *АМВІ*. Здесь наблюдается снижение доли фильтраторов и увеличение доли организмов-детритофитофагов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мионов О.Г., Миловидова Н.Ю., Цимбал И.М.* Формирование бентосных сообществ на новосозданных моловых сооружениях // Гидробиологический журнал.– 1983.– 19, № 1.– С.48-52.
2. *Валовая Н.А., Казанкова И.И.* Вертикальное распределение черноморских мидий на сваях // Биология моря.– 1979.– вып.48.– С.53-55.
3. *Козлова О.В.* Поселение митилид на южном молу Севастопольской бухты // VI Всеукраинская науч.-пр. конференция молодых ученых по проблемам Черного и Азовского морей «Понт Эвксинский 2005». Севастополь, 24-27 мая 2005 г.– Севастополь, 2005.– С.63.
4. *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.
5. *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.– 1, № 3.– С.51-58.
6. *Терентьев А.С., Литвиненко Н.М.* Состояние донного сообщества в Керченском торговом порту. <http://www.ecologylife.ru/ekologiya-chernogo-morya-2003/1437.html>
7. *Мионов О.Г.* Санитарно-биологические направления исследований акватории контактной зоны «суша-море» // Экология моря.– 2001.– вып.57.– С.85-90.
8. *Мионов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В.* Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– 185 с.
9. *Определитель фауны Чёрного и Азовского морей: в 3 т.– Киев: Наукова думка, 1972.– 3.– 340 с.*
10. *Wilhm 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.

11. *Pielou E.C.* The measurement of diversity in different types of biological collections // *J. Theoret. Biol.*– 1966.– 13.– P.131-144.
12. *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.
13. <http://www.azti.es>
14. *Ревков Н.К.* Таксономический состав донной фауны Крымского побережья Черного моря // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор).– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– С.209-218.
15. *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.
16. *Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана* / Под ред. О.Г.Миронова.– С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1985.– т.4.– 136 с.
17. *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.
18. *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.

Материал поступил в редакцию 21.11.2011 г.

АНОТАЦІЯ. Визначено видовий склад, трофічна структура, а також кількісні характеристики угруповань макрозообентосу в районі молів бухт Севастопольська і Камишова. Відмічено, що чисельність та біомаса макрозообентосу поблизу молів нижче, ніж на видаленні 90 м від них.

ABSTRACT. Species composition, trophic structure and quantitative characteristics of macrozoobenthic communities near break walls of the Sevastopol Bay and Kamyshovaya Bay were studied. The abundance and biomass of macrozoobenthos were lower near breakwalls than those of 90 m apart.