

УДК 574.586(262.5)

**ОБРАСТАНИЯ ТВЕРДЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ
В СЕЗОННОМ АСПЕКТЕ У ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВАСТОПОЛЯ (ЮГО-
ЗАПАДНЫЙ КРЫМ, ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

Макаров М. В., Бондаренко Л. В., Витер Т. В., Подзорова Д. В.

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь,
Россия
E-mail: mihaliksevast@inbox.ru*

Приведены данные по видовому составу, численности, биомассе и встречаемости макрозообентоса обрастаний твердых искусственных субстратов – мола в Карантинной бухте и набережной в Артиллерийской бухте в сезонном аспекте. Выделены сообщества в исследуемых районах и их структура. Показано, что обрастания на данном типе субстратов в акваториях бухт богаты в качественном и количественном отношениях.

Ключевые слова: обрастания, макрозообентос, сообщества, сезонная динамика, побережье Севастополя, урез воды.

ВВЕДЕНИЕ

Зона соприкосновения трех природных сред: суши, гидросферы и атмосферы (контактная зона «суша-море-воздух»), находится в нестабильных экологических условиях, поскольку она наиболее подвержена гидродинамическому воздействию, перепадам температур воды и антропогенному прессу. Это относится и к твердым искусственным субстратам, которые широко представлены в Черном море, в том числе у берегов Севастополя. Помимо различных гидротехнических функций, они являются также субстратом, на котором обитают многие виды гидробионтов, в частности, макрозообентос. Таким образом, они выступают своеобразным биотопом для бентосных организмов-обрастателей (перифитона). Тем не менее, сообщества обрастаний данных поверхностей у берегов Севастополя изучены еще недостаточно. Есть работы по отдельным таксономическим группам и видам, обнаруженным в данном районе [1–5]. Весь макрозообентос исследовали лишь эпизодически [6–8]. Изучение сезонной динамики сообществ обрастаний неподвижных твердых искусственных субстратов у побережья Севастополя не проводили. Следует отметить, что сезонность является одним из главных факторов, влияющих на жизнедеятельность гидробионтов. В первую очередь, от данного экологического фактора зависит их размножение. Воспроизводство каждого вида приурочено к определенному или нескольким сезонам, благодаря чему в различный период времени наблюдается разная численность и биомасса тех или иных видов обрастателей. В Черном море выражена четкая смена сезонов, вследствие чего, в

течение года температура воды колеблется весьма значительно, особенно у уреза воды в контактной зоне «суша-море-воздух», что оказывает влияние на биоту.

В связи с этим, целью данной работы является изучение состава, количественных характеристик, структуры и сезонной динамики сообществ обрастаний твердых искусственных субстратов в акваториях бухт Севастополя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения данной цели с марта 2015 г. по март 2016 г. в одно время суток отбирали пробы макрозообентоса в двух участках побережья Севастополя – на бетонной набережной им. Корнилова в Артиллерийской бухте и на бетонном молу в Карантинной бухте (рис. 1).



Рис. 1. Районы отбора проб обрастаний у побережья Севастополя (1 – Артиллерийская бухта, 2 – Карантинная бухта).

Артиллерийская бухта ($44^{\circ}37'02''$ с. ш., $33^{\circ}31'20''$ в. д.) ориентирована с юга на север и представляет собой часть большой Севастопольской бухты. Она является полузамкнутой акваторией. По уровню содержания в донных осадках органических веществ основных классов, а также нефтяных углеводородов бухта относится к наиболее загрязненным акваториям региона [9].

Карантинная бухта ($44^{\circ}36'45''$ с. ш., $33^{\circ}29'59''$ в. д.) расположена примерно в 2 км юго-западнее Артиллерийской бухты между южным молотом Севастопольской бухты и восточной границей гидрологического памятника природы регионального

значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» и является относительно открытой. Ее протяженность с юго-востока на северо-запад составляет 1,25 км, максимальная ширина 0,64 км, глубина при входе – 15 м [10].

Все пробы взяты на глубине 0 м, т. е. у уреза воды, в 3-х повторностях. Материал собирали во все сезоны 1 раз в 2 месяца с помощью скребков площадью 0,04 и 0,06 м², обшитых мельничным газом с размером ячеек 0,5 мм. Всего взято 54 пробы (по 27 проб в каждом районе). В лабораторных условиях материал фиксировали 4 % раствором формалина. Затем разбирали по таксономическим группам, определяли видовой состав макрозообентоса в каждой группе. Представителей Mollusca идентифицировал Макаров М. В., Annelida – Витер Т. В., Подзорова Д. В., Arthropoda – Бондаренко Л. В. Представителей Chironomidae, Platyhelminthes и Nemertea до вида не определяли и в подсчетах они фигурируют как один вид, также, как и не идентифицированные до вида Nereidae gen. sp., Syllis sp. и Microdeutopus sp. Номенклатуру видов приводили в соответствии с мировым реестром World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org>). Для определения веса использовали торсионные весы с точностью до 0,001 г. Подсчитывали численность (N, экз./м²) и биомассу (B, г/м²) каждого вида, а также доверительный интервал (\pm) и встречаемость (P, %). Сообщества выделяли по индексу функционального обилия (ИФО), равному $N^{0,25} \times B^{0,75}$, где N – численность, B – биомасса макрозообентоса [11]. Данный индекс характеризует энергетическую роль видов в сообществах. При сравнении общности фаун в сообществах в двух бухтах использовали коэффициент сходства Чекановского-Серенсена, который рассчитывали по формуле $2c / (a + b)$, где a и b – число видов в сравниваемых сообществах, c – число общих для этих сообществ видов. Оценку видового разнообразия проводили с помощью индекса Шеннона [12]. Расчет выполняли в приложении Diverse пакета PRIMER-5 (использован логарифм по основанию 2). Для оценки выравнимости видов в сообществах построили кривые доминирования-разнообразия, где ось абсцисс – ранжированный ряд видов, а ось ординат – численность. Считается, что чем больше виды выравнены в сообществе, тем оно более устойчиво [13]. Трофическую структуру данных сообществ определяли по [14–16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В обрастаниях набережной Артиллерийской бухты за весь период исследований обнаружено 40 видов макрозообентоса, относящихся к типам Annelida (13 видов), Nemertea, Platyhelminthes, Mollusca (8 видов: 2 вида Bivalvia и 6 видов Gastropoda), Arthropoda (17 видов: 15 видов Crustacea + Pycnogonida и Chironomidae).

В обрастаниях мола Карантинной бухты отмечено 52 вида макрозообентоса, из них Annelida (15 видов), Nemertea, Platyhelminthes, Mollusca (10 видов: 1 вид Polyplacophora, 2 вида Bivalvia, 7 видов Gastropoda), Arthropoda (25 видов: 24 – Crustacea + Chironomidae) (табл. 1).

Таблица 1
Видовой состав, средняя численность ($N_{cp.}$), средняя биомасса ($B_{cp.}$) и встречаемость ($P, \%$) макрозообентоса в обрастаниях у побережья Севастополя

Видовой состав	Артиллерийская бухта			Карантинная бухта		
	$N_{cp.}$, экз./м ²	$B_{cp.}$, г/м ²	P , %	$N_{cp.}$, экз./м ²	$B_{cp.}$, г/м ²	P , %
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	7	0,116	22	0	0	0
<i>Exogone naidina</i> Örsted, 1845	0	0	0	4	0,03	11
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	0	0	0	1	0,01	11
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	0	0	0	1	0,005	4
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & H Milne Edwards, 1833	0	0	0	2	0,15	22
<i>Magelona papillicornis</i> F. Müller, 1858	0	0	0	1	0,001	4
Nereidae gen.sp.	20	0,086	30	0	0	0
<i>Nereiphylla pusilla</i> (Claparède, 1870)	0	0	0	1	0,008	4
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	70	1,444	44	8	1,9	11
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	0	1	0,1	11
<i>H. reticulata</i> (Claparède, 1870)	1	0,004	4	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	9	0,098	19	0	0	0
<i>Hydroides dianthus</i> (Verrill, 1873)	1	0,002	4	0	0	0
<i>Janua heterostropha</i> (Montagu, 1803)	0	0	0	26	0,028	15
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	0	0	0	33	7,425	33
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	9	0,059	22	32	4,65	22
<i>Polyophthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	46	0,087	52	0	0	0
<i>Pseudomystides limbata</i> (Saint-Joseph, 1888)	0	0	0	7	0,022	30
<i>Pholoe inornata</i> (Johnston, 1839)	0	0	0	2	0,001	4
<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)	1	0,001	4	0	0	0
<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840	0	0	0	7	0,038	22
<i>S. hyalina</i> Grube, 1863	44	0,087	59	0	0	0
<i>S. prolifera</i> Krohn, 1852	4	0,008	8	0	0	0
<i>Syllis</i> sp.	3	0,002	4	3	0,065	22
<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi, 1844)	1	0,001	4	0	0	0
NEMERTEA	1	0,006	4	1	0,005	4
PLATYHELMYNTHES	12	0,092	26	3	0,25	11
MOLLUSCA						
Polyplacophora						
<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	0	11	0,724	26

Продолжение таблицы 1

Bivalvia						
<i>Mytilaster lineatus</i> Gmelin, 1790	3031	177,615	100	2718	178,088	78
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	449	679,444	96	57	5,663	70
Gastropoda						
<i>Bittium reticulatum</i> Da Costa, 1778	10	0,02	26	36	1,3	44
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> (Montagu, 1803)	1	0,001	4	1	0,001	4
<i>Gibbula adriatica</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	100	8,631	48
<i>Odostomia eulimoides</i> Hanley, 1844	1	0,002	4	0	0	0
<i>Limapontia capitata</i> (O. F. Müller, 1774)	8	0,002	1	0	0	0
<i>Rissoa membranacea</i> J. Adams, 1800	0	0	0	1	0,014	7
<i>R. parva</i> Da Costa, 1779	0	0	0	1	0,002	4
<i>R. splendida</i> Eichwald, 1830	16	0,209	33	77	3,339	56
<i>Tricolia pullus</i> Linnaeus, 1758	58	1,888	48	41	1,221	63
ARTHROPODA						
Crustacea						
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	2	0,187	15	6	0,001	7
<i>Apherusa bispinosa</i> (Spence Bate, 1857)	0	0	0	3	0,003	4
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	87	0,419	37	27	0,025	37
<i>Pleonexes helleri</i> (Karaman, 1975)	20	0,181	30	6	0,018	15
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	2	0,002	11	59	0,026	37
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	62	0,036	63	189	0,054	70
<i>Cumella limicola</i> Sars, 1879	0	0	0	6	<0,001	15
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	6	0,01	11	4	0,001	15
<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)	1	0,003	4	18	0,036	26
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	0	0	0	1	0,008	4
<i>Gammarelus carinatus</i> (Rathke, 1843)	44	0,593	33	5	0,031	15
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966	0	0	0	1	0,001	4
<i>Gastrosaccus sanctus</i> (Van Beneden, 1861)	0	0	0	1	<0,001	4
<i>Hippolyte leptocerus</i> (Heller, 1863)	0	0	0	1	0,007	4
<i>Hyale perieri</i> (Lucas, 1849)	31	0,112	30	23	0,018	19
<i>Hyale schmidti</i> (Heller, 1866)	12	0,042	30	19	0,02	22
<i>Jassa ocia</i> (Bate, 1862)	41	0,037	30	1	<0,001	4
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa, 1853	0	0	0	54	0,036	37
<i>Microdeutopus</i> sp.	0	0	0	13	0,003	22
<i>Monocorophium insidiosum</i> (Crawford, 1937)	1	<0,001	4	0	0	0
<i>Nannastacus euxinicus</i> Bacescu, 1951	0	0	0	4	<0,001	7
<i>Nototropis guttatus</i> Costa, 1853	1	<0,001	4	0	0	0

Продолжение таблицы 1

<i>Palaemon elegans</i> Rathke, 1837	0	0	0	2	0,181	4
<i>Palaemon serratum</i> (Pennant, 1777)	0	0	0	1	0,12	4
<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)	1	0,156	4	0	0	0
<i>Stenothoe monoculoides</i> Montagu, 1815	25	0,015	56	30	0,007	52
<i>Siriella jaltensis</i> Czerniavsky, 1868	0	0	0	1	0,006	4
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	0	0	0	11	0,11	26
<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)	227	0,342	89	19	0,012	33
Рыцногониды						
<i>Tanystylum conirostre</i> (Dohrn, 1881)	6	0,003	22	0	0	0
Insecta						
Chironomidae	12	0,015	26	6	0,001	15

Такая таксономическая структура макрозообентоса (преобладание Arthropoda, далее Annelida и Mollusca) характерна для твердых естественных субстратов [17].

В сезонной динамике численности макрозообентоса в обеих бухтах можно выделить весенний минимум и летний максимум. Сезонные изменения численности обусловлены динамикой этого показателя у митилястера. Сезонные изменения биомассы больше связаны с мидией – самым крупным животным в наших пробах. Однако сколько-нибудь четкой зависимости биомассы от сезонов в отличие от численности не выявлено.

Анализ бентосных проб перифитона выявил наличие в Карантинной и Артиллерийской бухтах Севастополя 68 видов макрозообентоса. С помощью коэффициента Чекановского-Серенсена определили степень сходства видового состава макрозообентоса, обитающего в акваториях исследуемых бухт. Значение данного коэффициента составило 0,5, следовательно лишь 50 % видов являются общими для двух бухт.

В биоценозе обрастания исследуемых севастопольских бухт отмечено 23 вида полихет из 5 отрядов: Phyllodocida, Eunicida, Opheleida, Magelonida, Serpulida. Наибольшим разнообразием отличаются эррантные полихеты (20 видов). Большинство из них относятся к отряду Phyllodocida (16 видов). Седентарные полихеты представлены всего тремя видами – *J. geterostropha*, *H. dianthus* и *V. infundibulum*, относящимися к отряду Serpulida. Количество видов в Артиллерийской и Карантинной бухтах сходно – 14 и 12 видов соответственно, общих – только 2 вида. Массовые виды Артиллерийской бухты – мелкие полихеты *P. pictus* и *S. hyalina* (встречаемость 52 и 59 % соответственно). *N. zonata* и *M. limbata* отнесены к характерным (встречаемость 44 и 33 % соответственно). Среднее значение численности полихет в Артиллерийской бухте 219 ± 106 экз./м², биомассы $2,01 \pm 1,14$ г/м². Наиболее многочисленный вид – крупная полихета *N. zonata*, его среднегодовая численность 70 ± 37 экз./м². Средняя численность и биомасса полихет в Карантинной бухте существенно ниже, чем в Артиллерийской (130 ± 84 экз./м² и $0,53 \pm 0,40$ г/м² соответственно). Встречаемость отдельных видов здесь не превышает 35 % (*P. cultrifera* – 33 %, *P. dumerilii*, *S. gracilis*, *L. ninneta* – по 22 %). Фаунистический состав полихет Артиллерийской и Карантинной бухт

типичен для сообществ обрастаний твердых искусственных и естественных субстратов [1, 15, 18, 19].

Среди моллюсков на молу в Карантинной бухте в 2015–2016 гг. обнаружены виды, не встреченные здесь ранее (в 2003–2004 и 2011–2012 гг.) – *R. membranacea* и *R. parva*. В целом, в этой группе следует отметить эвритоппные виды (брюхоногие моллюски: *B. reticulatum*, виды, относящиеся к роду *Rissoa* и *T. pullus*), в определенной мере – стенотоппные виды, больше предпочитающие твердые субстраты (двустворки *M. lineatus* и скаловая форма *M. galloprovincialis*, гастропода *O. eulimoides*). Отдельно, следует выделить моллюска *G. adriatica*. Этот вид встречается в обрастаниях твердых субстратов в других районах черноморского побережья Крыма, но мозаично [3]. Моллюск *C. tubercularis* обитает преимущественно на песчано-илистых и илистых грунтах, а на твердых субстратах встречается редко [16].

В Артиллерийской бухте отмечены достаточно редкие виды – голожаберник *L. capitata* и раковинная гастропода *O. eulimoides*, относящаяся к семейству Rugamidellidae. Представители этого семейства в Черном море встречаются нечасто, однако, на твердых субстратах они довольно многочисленны [3]. Также следует заметить, что в ноябре 2007 г. в акватории Артиллерийской бухты в результате сильного шторма было практически полностью уничтожено митилидное обрастание у уреза воды, которое затем восстановлено [5].

Ракообразные в исследуемых акваториях представлены отрядами Amphipoda, Tanaidacea, Decapoda, Isopoda, Cumacea, Mysida и Cirripedia. Наиболее многочисленным является отряд Amphipoda, на долю которого приходится 50 % всех отмеченных видов ракообразных. Коэффициент общности видов Arthropoda из двух бухт составил 0,56. Фауна обрастания в бухте Карантинной богаче, чем в Артиллерийской. Средние значения численности и биомассы ракообразных в Артиллерийской бухте составляют, соответственно, 564 ± 55 экз./м² и $2,14 \pm 0,05$ г/м². Существенный вклад в формирование указанных средних по показателю численности вносит *T. dulongii* (227 экз./м²), по биомассе – *G. carinatus* ($0,59$ г/м²) и *A. ramondi* ($0,42$ г/м²) (табл. 1). Численность раков в бухте Карантинной мало отличается от таковой в Артиллерийской бухте (502 ± 97 экз./м²), тогда как биомасса почти в 3 раза меньше ($0,73 \pm 0,15$ г/м²). Это связано с тем, что показатель численности сформирован мелкими танаидовыми рачками *Ch. savignyi* (189 экз./м²), не оказывающими существенного влияния на биомассу, но достигающими высокой плотности поселения в незагрязненных бухтах [20]. Наибольшие показатели биомассы отмечены у *P. elegans* ($0,18$ г/м²). Названные выше виды характерны не только для перифитона, но и обычны среди зарослей макрофитов прибрежной зоны.

Средняя численность макрозообентоса в Артиллерийской бухте составила 4381 ± 142 экз./м², в Карантинной – 3681 ± 97 экз./м². В обоих районах по данному показателю явно доминирует *M. lineatus*. Этот вид легко прикрепляется к вертикальным поверхностям благодаря своим бисусным нитям [21]. Это же относится и к мидиям, численность которых в бухтах тоже достаточно высока. Среди Gastropoda в Артиллерийской бухте доминирует *T. pullus*. Этот моллюск лучше переносит загрязнение, чем некоторые другие виды брюхоногих моллюсков,

в частности, риссои [22, 23]. В несколько более открытой и поэтому более чистой Карантинной бухте преобладает *G. adriatica*. Причем, гиббула была обнаружена в большом количестве в данном районе также в 2003–2004 и 2011–2012 гг. [2, 3].

Средняя биомасса макрозообентоса в обрастаниях Артиллерийской бухты составила $863,4 \pm 32,6$ г/м², в Карантинной бухте – $214,5 \pm 6,4$ г/м². Такие различия обусловлены, в основном, биомассой мидии, которая в Артиллерийской бухте намного выше, чем в Карантинной. Вероятно, это связано с питанием *M. galloprovincialis*, так как в Севастопольской бухте, частью которой является Артиллерийская бухта, много органики, что благоприятно для обитания мидии, как сестонофага [9].

На основании ИФО, который позволяет учитывать энергетическую роль гидробионтов, выделены разные сообщества с явным доминированием митилид. Так, в Артиллерийской бухте обитает сообщество *M. galloprovincialis* (ИФО 612,7), в Карантинной – сообщество *M. lineatus* (ИФО 175,7). Поскольку коэффициент общности видов Чекановского-Серенсена составил всего 0,5, то можно говорить не только о разном видовом составе сообществ, но и о различных видах-доминантах в них.

В сообществе *M. galloprovincialis* зарегистрировано 40 видов. Отмечено 6 руководящих видов (встречаемость 50 %), 15 характерных (встречаемость от 25 до 50 %), 21 редкий вид (встречаемость менее 25 %).

В сообществе *M. lineatus* идентифицировано 52 вида: 6 – руководящих, 10 – характерных и 38 редких видов. В обоих сообществах преобладают редкие виды, что может говорить о невысоком таксономическом разнообразии фауны.

Для оценки видового разнообразия сообществ использовали индекс Шеннона. Значения индекса варьируют в значительных пределах, но относительно невысоки, что говорит о низком уровне видового разнообразия. По численности индекс Шеннона в Карантинной бухте составлял 1,04–3,5 бит/экз., в среднем равнялся 2,00 бит/экз., в Артиллерийской бухте – 0,89–2,53 бит/экз., составляя в среднем 1,62 бит/экз. По биомассе в Карантинной бухте значения индекса варьировали от 0,37 до 1,18 бит/г, в среднем – 0,76, а в Артиллерийской бухте – 0,35–1,00 бит/г, в среднем – 0,64. Более низкие значения индекса, рассчитанного по биомассе, характерны для донных сообществ в Черном море [24, 25], где доминирующими видами являются крупные моллюски с большой биомассой. Исходя из значений индекса Шеннона, как по численности, так и по биомассе, в Карантинной бухте уровень видового разнообразия выше, чем в Артиллерийской, и достигает верхнего предела этого индекса (3,5 бит/экз.).

Индекс Шеннона применяется и при характеристике условий обитания гидробионтов, поскольку с увеличением степени загрязнения видовое разнообразие, как правило, уменьшается. Относительно низкие показатели индекса в Артиллерийской бухте могут свидетельствовать об относительно неблагоприятных условиях обитания гидробионтов в ее акватории.

Для оценки выравненности видов в исследуемых сообществах построили графики доминирования-разнообразия макрозообентоса по его численности (рис. 2).

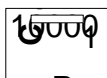


Рис 2. Доминирование-разнообразие макрозообентоса в сообществах *M. galloprovincialis* в Артиллерийской бухте и *M. lineatus* в Карантинной бухте.

Протяженность кривой значительная, что говорит о большом количестве видов в сообществе. В обоих сообществах есть явные доминанты, поэтому кривые резко падают вниз. Чем круче падает кривая, тем меньше общее разнообразие и сильнее доминирование одного или нескольких видов. Видовое разнообразие того или иного сообщества является показателем его экологического состояния. Известно, что в благоприятных условиях формируются богатые по числу видов биоценозы, которые отличаются полидоминантностью, то есть высокими показателями численности и биомассы могут характеризоваться сразу 5–6 и более видов. В сообществах, обитающих в экстремальных условиях, как правило, снижается видовое разнообразие, и они становятся монодоминантными, то есть высокую численность и биомассу имеет 1, в крайнем случае, 2 вида, что характерно для выделенных нами сообществ в акваториях исследуемых бухт. Это может говорить о не совсем устойчивом (нестабильном) состоянии этих сообществ, хотя однозначно так утверждать не следует, поскольку это может быть связано со спецификой твердых субстратов.

В трофической структуре данных сообществ выделено 7 групп (детритофаги, плотоядные, полифаги, фитофаги, сестонофаги, эктопаразиты и прочие). К числу прочих мы отнесли виды с неизвестным типом питания. В Артиллерийской бухте

по количеству видов преобладают фитофаги (10 видов) и полифаги (9 видов). Вероятно, это связано с наличием большого количества водорослей у уреза воды. К фитофагам преимущественно относятся гастроподы (*L. capitata*, *R. splendida* и *T. pullus*) и ракообразные. По численности и, особенно, биомассе явно доминируют сестонофаги (фильтраторы), к которым относятся митилиды – мидия и митилястер. Преобладание моллюсков-сестонофагов важно для процессов самоочищения акваторий, так как они, образуя массовые поселения на гидротехнических сооружениях, существенно увеличивают объем естественного биофильтра побережий [4].

В Карантинной бухте по количеству видов также доминируют фитофаги и полифаги (по 15 видов) – первые благодаря гастроподам и ракообразным, вторые – полихетам и ракообразным. По численности и биомассе преобладают сестонофаги из-за большого количества относительно крупных митилид.

В сезонной динамике численности макрозообентоса в Артиллерийской бухте можно выделить весенний минимум и летний максимум (рис. 3).

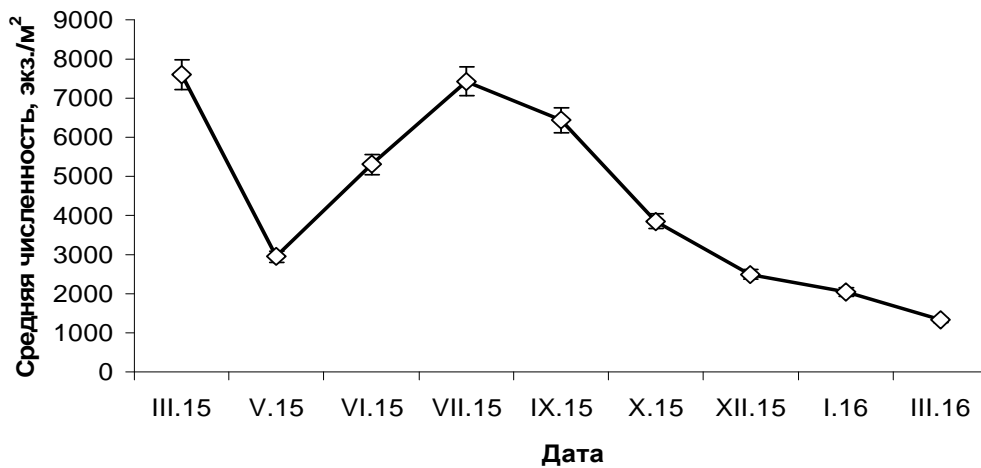


Рис. 3. Сезонная динамика численности макрозообентоса обрастаний Артиллерийской бухты.

Численность полихет колеблется на протяжении периода исследования и обусловлена сезонными изменениями численности массовых и характерных видов. В Артиллерийской бухте высокие значения численности отмечены в марте 2015 г. (411 ± 120 экз./м²), июле 2015 г. (544 ± 32 экз./м²) и обусловлены количественными показателями видов с весенне-летним пиком размножения – *N. zonata* (численность 233 ± 41 экз./м², март 2015 г.), *S. hyalina* (100 ± 27 экз./м², июль 2015 г.), *P. pictus* (161 ± 54 экз./м², июль 2015 г.).

Невысокую численность весной (за исключением марта 2015 г.) и высокую летом можно объяснить тем, что большинство видов размножаются в летний сезон, в частности, митилястер и триколия [16, 21].

К тому же, в летний период меньше штормов, а фактор прибойности существенно влияет на плотность поселения гидробионтов-обрастателей, в том числе митилид, обитающих у уреза воды, на вертикальных твердых субстратах. Большая разница в численности видов в марте 2015 г. и марте 2016 г., возможно, связана с межгодовыми флуктуациями численности и изменчивостью условий в контактной зоне «суша-воздух-море».

В сезонной динамике численности макробентоса в Карантинной бухте отмечена схожая тенденция с Артиллерийской бухтой – минимальные показатели в конце зимы начале весны, максимальные летом (рис. 4).

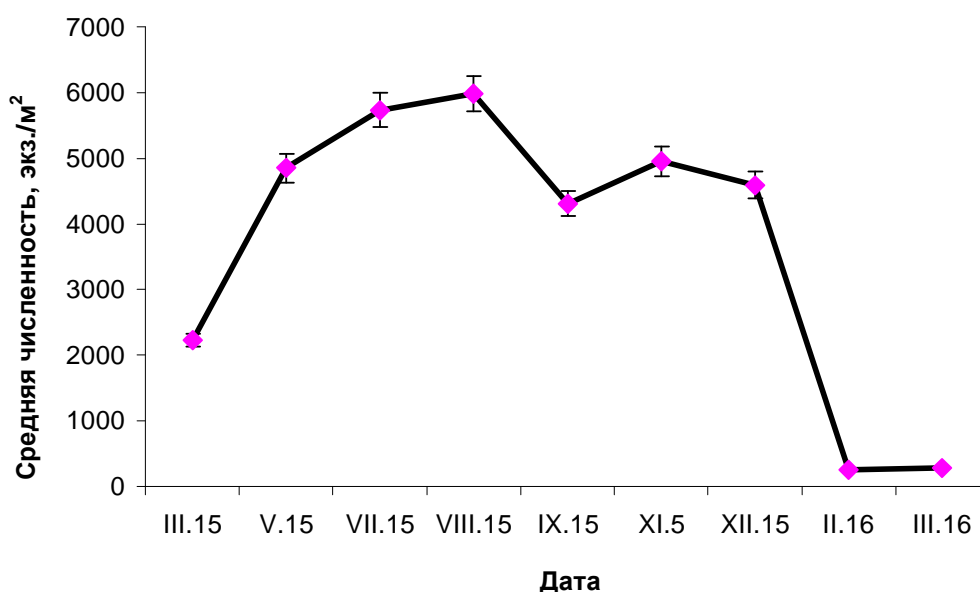


Рис. 4. Сезонная динамика численности макробоентоса в обрастаниях искусственных субстратов б. Карантинная.

Полихеты в холодный зимне-ранневесенний период в Карантинной бухте не отмечены. Наибольшей численности полихеты этой акватории достигают в мае (250 экз./м²) и сентябре (350 экз./м²), а биомассы в мае (1,41 г/м²) и ноябре (1,65 г/м²).

Летом увеличивается численность летне-нерестящихся видов моллюсков, таких как *M. lineatus*, *B. reticulatum*, *T. pullus*.

По биомассе минимальные показатели отмечены в сентябре, когда было много молоди *M. lineatus*, размножающегося летом. Максимумы зарегистрированы в июле и ноябре.

В размножении ракообразных, обнаруженных в акваториях бухт, также прослеживается сезонность. Независимо от количества генераций в годовом цикле размножения пик у большинства видов приходится на летне-осенний период. К примеру, у часто встречающегося в обеих бухтах танаидового рака *Ch. savignyi*, зимовавшая генерация размножается в конце весны – начале лета, а в июне – июле отмирает. Молодь появляется с мая. Раки новой генерации осенью приступают к размножению, и в популяции снова преобладает молодь. Она растет и остается зимовать [26]. *T. dulongii*, живущий в трубках, покидает их только в период размножения – летом и осенью [27]. У большинства представителей Amphipoda размножение также происходит, в основном, в весенне-осенний период. За исключением *G. carinatus*, который является североатлантическим холодолюбивым видом и живет в диапазоне температур 7–14⁰С. Для него характерны сезонные миграции: в начале зимы рачки перемещаются к берегу для размножения, а с наступлением лета уходят на глубины до 50 м. В зимне-весенний период рак обитает в прибойной зоне в зарослях водорослей, обрастающих скалы и камни [13]. Наибольшая плотность поселения *G. carinatus* в данный период составила 278 экз./м².

В обеих бухтах наблюдалось увеличение значений индекса Шеннона по численности с сентября по март и снижение – с апреля по август. Предположительно это связано с лучшими условиями обитания в осенне-зимний период в сравнении с весенне-летним вследствие более низкой температуры воды и большей гидродинамики водных масс. Четкой сезонной динамики индекса Шеннона по биомассе выявить не удалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обрастаниях твердых искусственных субстратов в исследованных бухтах обнаружено 68 видов макрозообентоса, из них 40 видов в Артиллерийской бухте и 52 вида в Карантинной бухте.

Средние показатели численности и биомассы в Артиллерийской бухте составили 4381 экз./м² и 863,4 г/м², в Карантинной бухте – 3681 экз./м² и 214,5 г/м².

На основании ИФО в обрастаниях набережной Артиллерийской бухты выделено сообщество *M. galloprovincialis*, в обрастаниях мола Карантинной бухты – сообщество *M. lineatus*, которые различаются не только по видам-доминантам, но и по видовому составу. Низкие значения индекса Шеннона и монодоминантность свидетельствуют о неблагоприятных условиях обитания гидробионтов в этих сообществах.

Трофическая структура сообществ весьма разнообразна и включает в себя 7 групп. По количеству видов доминируют фитофаги и полифаги, по численности и биомассе – сестонофаги.

В сезонной динамике численности макробентоса в Артиллерийской и Карантинной бухтах пик приходится на весну-лето, что связано с периодом размножения гидробионтов и меньшим количеством штормов в этот период года. В отличие от численности четкой зависимости биомассы от сезонов не выявлено.

Статья подготовлена в соответствии с Государственным заданием «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана, номер гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2; а также «Молисматологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем», номер гос. регистрации АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

1. Гринцов В. А. Некоторые вопросы экологии полихет – обитателей искусственного рифа прибрежного района Севастополя / В. А. Гринцов, Г. В. В. Мурина // Экология моря. – 2002. – Вып. 61. – С. 45–48.
2. Макаров М. В. Моллюски в перифитоне твёрдых искусственных субстратов побережья Севастополя (юго-западный Крым, Чёрное море) / М. В. Макаров // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. – 2012. – № 2 (51). – С. 168–172.
3. Макаров М. В. Mollusca на искусственных твердых субстратах вдоль побережья Крыма (Черное море) / М. В. Макаров // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т. 4 (70), № 1. – С. 55–62.
4. Соловьева О. В. Динамика совместных поселений *Mytilus galloprovincialis* Lam. и *Mytilaster lineatus* Gmel. на крупном гидротехническом сооружении в условиях Севастопольской бухты (Черное море) / О. В. Соловьева // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2017. – № 3. – С. 83–89.
5. Миронов О. Г., Алемов С. В., Щекатурина Т. Л., Осадчая Т. С., Соловьева О. В., Бурдиян Н. В., Тихонова Е. А., Миронов О. А., Дорошенко Ю. В., Гусева Е. В., Муравьева И. П., Витер Т. В., Волков Н. Г. Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века / под ред.: О. Г. Миронова, С. В. Алёмова; Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 276 с.
6. Брайко В. Д. Обрастание в Черном море / В. Д. Брайко. – К.: Наукова думка, 1985. – 124 с.
7. Миронов О. Г. Формирование бентосных сообществ на новосозданных молтовых сооружениях / О. Г. Миронов, Н. Ю. Миловидова, И. М. Цимбал // Гидробиологический журнал. – 1983. – Т. 19, № 1. – С. 48–53.
8. Макаров М. В. Макрозообентос искусственных твёрдых субстратов в бухте Карантинная / М. В. Макаров, В. Г. Копий, Л. В. Бондаренко // Материалы международной научной конференции, посвящённой 50-летию Зоологического музея им. М. И. Глобенко Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (Симферополь, 16–18 сентября 2015 г.). – Симферополь, 2015. – С. 78–79.
9. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке / О. Г. Миронов, Л. Н. Кирюхина, С. А. Алемов. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
10. Куфтаркова Е. А. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья / Е. А. Куфтаркова, Н. Ю. Родионова, В. И. Губанов // Тр. ЮГНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 110–111.
11. Мальцев В. И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов / В. И. Мальцев // Гидробиологический журнал. – 1990. – Т. 26, № 1. – С. 87–89.
12. Wilhm J. L. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents / J. L. Wilhm, T. C. Dorris // Amer. Middl and Natur. – 1966. – Vol. 76, N 2. – P. 427–429.
13. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities / R. H. Whittaker // Science. – 1965. – Vol. 147. – P. 250–260.
14. Грезе И. И. Амфиподы Чёрного моря и их биология / И. И. Грезе. – Киев: Наукова думка, 1977. – 156 с.
15. Киселёва М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей / Киселёва М. И. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2004. – 409 с.

16. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. / В. Д. Чухчин. – Киев: Наукова думка, 1984. – 176 с.
17. Ковалёва М. А. Макрозообентос скал верхней сублиторали Тарханкутского полуострова (Крым, Чёрное море) / М. А. Ковалева, Н. А. Болтачева, М. В. Макаров, Л. В. Бондаренко // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол. – 2016. – Т.121. Вып. 135. – С. 32–45.
18. Якубова Л. И. Список Archiannelidae и Polychaeta Севастопольской бухты Черного моря / Л. И. Якубова // Изв. АН СССР. Отд. физ.-мат. наук – 1930. – С. 863–881.
19. Мурина Г.-В. В. Видовой состав и количественное развитие многощетинковых червей из сообщества обрастаний волнореза пос. Курортное (Карадаг) / Г.-В. В. Мурина, В. А. Гринцов // Карадаг. Гидробиологические исследования. (Сборник научных трудов, посвященный 90-летию Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника) НАН Украины Книга 2-я. – Симферополь, СОНАТ, 2004. – С. 133–139.
20. Маккавеева Е. Б. Экология клешненосных осликов (Anisopoda) и равноногих раков (Isopoda) в Черном море / Е. Б. Маккавеева // Вестник зоологии – 1992. – № 5. – С. 46–50.
21. Заика В. Е. Митилиды Чёрного моря / В. Е. Заика, Н. А. Валовая, А. С. Повчун, Н. К. Ревков. – К.: Изд-во Наук. думка, 1990. – 208 с.
22. Смоляр Р. И. Биоценоз цистозирь бухт северо-восточной части Черного моря в условиях нефтяного загрязнения : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Р. И. Смоляр. – Одесса: 1978. – 25 с.
23. Макаров М. В. Многолетние изменения Gastropoda на таллеме водоросли *Cystoseira* sp. в прибрежье Крыма (Черное море) / М. В. Макаров // Мор. экол. журн. – 2005. – отд. вып., № 1. – С. 78–83.
24. Шорыгин А. А. О биоценозах / А. А. Шорыгин // Бюлл. МОИП. Отдел. биол. – 1955. – С. 87–98.
25. Ревков Н. К. Состав и сезонная динамика макрозообентоса локального биотического комплекса *Chamelea gallina* (Западный Крым, Черное море) / Н. К. Ревков, В. А. Тимофеев, Е. В. Лисицкая // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 11. – С. 247–259.
26. Маккавеева Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Черного моря / Е. Б. Маккавеева. – Киев: Наук. думка, 1979. – 228 с.
27. Маккавеева Е. Б. Экология Anisopoda в Чёрном море / Е. Б. Маккавеева, А. В. Нейферт // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. – Киев, 1966. – С. 46–54.

THE FOULINGS OF HARD ARTIFICIAL SUBSTRATES IN SEASONAL ASPECT NEAR COAST OF SEVASTOPOL (SOUTH-WEST CRIMEA, THE BLACK SEA)

Makarov M. V., Bondarenko L. V., Viter T. V., Podzorova D. V.

*Institute of marine biological researches RAS, Sevastopol, Russia
E-mail: mihaliksevast@inbox.ru*

The small area where land, sea and air are in contact with each other (the contact zone) is very unstable. The environment is constantly changing due to temperature fluctuations, hydrodynamic processes and anthropogenic impact. This also applies to artificial hard surfaces that are widely represented in the Black Sea and in the coastal zone near Sevastopol. Besides different hydrotechnical functions they become substrates for various attached biological forms including macroinvertebrates. However, fouling communities of those structures in coastal zone near Sevastopol have not been sufficiently studied, especially in seasonal aspects. Seasonal dynamics is very important for life-sustaining activity of aquatic organisms. In the Black Sea clear seasonal periodicity is observed and spawning periods of different species are limited to one or more seasons. As

a result in different periods of time different biomass and abundance of certain species are observed. Also, presence of a large number of mytilides on artificial surfaces is important for the self-purification process in marine ecosystems.

In this regard, the purpose of the research is to study a seasonal dynamics of species composition, quantitative characteristics and structure of the fouling communities grown on artificial hard substrates in Sevastopol bays at depth 0 m.

Keywords: foulings, macrozoobenthos, communities, seasonal dynamics, coast of Sevastopol, water edge.

References

1. Grintsov V. A., Murina G.-V. V. Some questions of ecology polychets – inhabits of artificial reef of coastal area of Sevastopol, *Ekology of the sea*, **61**, 45 (2002).
2. Makarov M. V. Molluscs in periphyton of hard artificial substrates of Sevastopol coast (south-west Crimea, the Black sea), *Scientific notes of TNPU nam. V. Gnatyuk. Ser. Biology*, **2 (51)**, 168 (2012).
3. Makarov M. V. Molluscs on artificial hard substrates along the coast of Crimea (the Black sea), *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **4 (70)**, 1, 55 (2018).
4. Solovyova O. V. The dynamics of inhabit together *Mytilus galloprovincialis* Lam. and *Mytilaster lineatus* Gmel. on big hydrotechnical surface in conditions of Sevastopol bay (the Black sea), *Proceedings of Ufa scientific center RAS*, **3**, 83 (2017).
5. Mirinov O. G., Alyomov S. V., Schekaturina T. L., Osadchaya T. S., Solovyeva O. V., Burdiyana N. V., Tihonova E. A., Mironov O. A., Doroshenko Yu. V., Guseva E. V., Muravyeva I. P., Viter T. V., Volkov N. G. *Medical-biological investigations of coastal aquatoriums of south-west of Crimea in begin of XXI century*, pod. red. O. G. Mironova, S. A. Alemova; Institute of marine biological research nam. A. O. Kovalevsky RAS, 276 p. (Simferopol: IT «Arial», 2018).
6. Brayko V. D. *The fouling in the Black sea*, 124 p. (Kiev: Naukova dumka, 1985).
7. Mironov O. G., Milovidova N. Yu., Tsymbal I. M. The formation of benthic communities on new created mole surfaces, *Hydrobiological journal*, **19**, 1, 48 (1983).
8. Makarov M. V., Kopy V. G., Bondarenko L. V. Macrozoobenthos of artificial hard substrates on Karantinnaya bay, *Materials of international scientific conference, dedicated 50-years zoological museum nam. M. I. Globenko Tavrida academy KFU nam. V. I. Vernadsky*, Pp. 78–79. (Simferopol, 16–18 sent. 2015).
9. Mironov O. G. Kityuhina L. N., Alyomov S. V. *Medical-biological aspects of ecology of Sevastopol bays on XX century*, 185 p. (Sevastopol: EKOSI-Gidrophisika, 2003).
10. Kuftarkova E. A., Rodionova N. Yu., Gubaniv V. I., Bobko N. I. Hydrochemical characteristic of some bays near Sevastopol, *YuGNIRO.*, **46**, 110 (2008).
11. Maltsev V. I. About possibility of use data of functional abundance for structure investigations of zoocenosis, *Hydrobiological journal*, **26**, 1, 87 (1960).
12. Wilhm J. L., Dorris T. C. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents, *Amer. Middl and Natur.*, **76**, 2, 427 (1966).
13. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities, *Science.*, **147**, 250 (1965).
14. Greze I. I. *Amphipods of the Black sea and its biology*, 156 p. (Kiev: Naukova dumka, 1977).
15. Kiselyova M. I. *Polychaets of the Black and Azov seas*, 409 p. (Apatity: Izd. KNC RAN, 2004).
16. Chukhchin V. D. *The ecology of gastropods of the Black sea*, 176 p. (Kiev: Naukova dumka, 1984).
17. Kovaleva M. A., Boltacheva N. A., Makarov M. V., Bondarenko L. V. Macrozoobenthos of rocks in upper sublittoral of Tarkhankut peninsula (Crimea, the Black sea), *Bull. Moscow society of nature tasters. Branch Biol.*, **121**, 135, 32 (2016).
18. Yakubova L. I. Check-list of Archiannelidae and Polychaeta of the Sevastopol bay of the Black sea, *Proc. AS USSR. Branch fiz.-mat. Sciences*, 863 (1930).
19. Murina G.-V. V., Grontsov V. A. Species composition and quantity evolution of polychaets from community of foulings break waters near Kurortnoe village (Kartadag), *Karadag. Hidroniological investigations. (Proceeding of scientific papers, dedicated 90-years of Karadag scientific stations nam.*

- T. I. Vyazemsky and 25-years of Karadag nature reserve of NAS Ukraine*. Book 2, 133 (Smferopol, SONAT, 2004).
20. Makkaveeva E. B. Ecology of clawed donkeys (Anisopoda) and isopods (Isopoda) in the Black sea, *Vestnik of zoology*, **5**, 46 (1992)
 21. Zaika V. E., Valovaya N. A., Povchun A. S., Revkov N. K. *The mitilids of the Black sea*, 208 p. (Kiev: Naukova dumka, 1990).
 22. Smolyar R. I. *Biocenoz cystoziry buht severo-vostochnoy chasti Chernogo morya v usloviyah nefyznogo zagryazneniya* [The community of cystoseira in bays of north-east part of the Black sea in conditions of oil pollution]: avtoref. dis. kand. biol. nauk: spec. gidrobiologiya, 205 p. (Odessa, 1978).
 23. Makarov M. V. The many years changes of gastropods on algae *Cystoseira* sp. in the Crimean coast (the Black sea, *Mar. ekol. Journal*, **1**, 78 (2005).
 24. Shorygin A. A. About biocenosis, *Bulletin MOIP. Branch biology*, 87 (1955).
 25. Revkov N. K., Timofeev V. A., Lisitskaya E. V. Species and seasonal dynamics of macrozoobenthos of local biotic complex *Chamelea gallina* (Western Crimea), *Ecosystems, their optimization and defence*, **11**, 247 (2014).
 26. Makkaveeva E. B. *The invertebrates of macrophyts thickets of the Black sea*, 228 p. (Kiev: Naukova dumka, 1979).
 27. Makkaveeva E. B., Neyfert A. V. Ecology of anizopods in the Black sea, *Benthos distribution and biology of benthic animals in the southern seas*, 46 (Kiev, 1966).