

Макрозообентос в различных биотопах вершины бухты Круглой (Чёрное море, Крымский полуостров)

© 2026. М. В. Макаров¹, к. б. н., с. н. с.,

Р. Е. Белогурова^{1,2}, к. б. н., с. н. с.,

¹Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского,
299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2,

²Научно-исследовательский центр пресноводной
и солоноватоводной гидробиологии – филиал ФИЦ ИнБЮМ,
273003, Россия, Херсонская область, г. Херсон, ул. Марии Фортус, д. 87,
e-mail: makarov@ibss-ras.ru

Определён видовой состав и трофическая принадлежность, рассчитаны численность, биомасса, встречаемость макрозообентоса в вершинной части бухты Круглой на рыхлых грунтах и в эпифитоне макрофитов за период с ноября 2022 г. по июль 2023 г. Отмечено 24 вида донной макрофауны на мягких субстратах и 29 видов в зарослях водорослей. Средняя численность на рыхлых поверхностях составила 4169 ± 259 экз./м², средняя биомасса – $10,5 \pm 1,0$ г/м². По этим показателям и встречаемости доминирует брюхоногий моллюск *Hydrobia acuta* Draparnaud, 1805. На основании индекса функционального обилия (ИФО) выделено сообщество этого моллюска. В размерной структуре данного вида в марте и июне преобладали особи размером 2,1–3,0 мм, в июле – менее 2,1 мм. Максимальные численность и биомасса бентоса зафиксированы в ноябре (в среднем 7650 экз./м² и 13,3 г/м²), минимальные – в марте (1875 экз./м² и 2,545 г/м² соответственно). В трофическом отношении по количеству видов, численности и биомассе преобладали детритофаги. В биотопах различных водорослей макрозообентос распространён неравномерно. Так, в эпифитоне цистозирры обнаружено 18 видов со средней численностью 1152 экз./кг и средней биомассой 8,7 г/кг; в эпифитоне кладофоры найдено 15 видов, но средняя численность выше – 3861 экз./кг, а средняя биомасса ниже – 2,3 г/кг; на водорослях *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753 обитало 16 видов, но с большими средней численностью (505 экз./кг) и средней биомассой (0,6 г/кг); совместно на цистозирре, ульве и кладофоре было 11 видов с численностью 2656 экз./кг и биомассой 3,4 г/кг; в эпифитоне *U. rigida* C. Agardh, 1823 показатели составили: 8 видов, численность 1801 экз./кг, биомасса максимальная – 10 г/кг.

Ключевые слова: вид, численность, биомасса, трофика, субстрат, эпифитон.

Macrozoobenthos in various biotopes of the head of Kruglaya Bay (the Black Sea, Crimea)

© 2026. M. V. Makarov¹ ORCID: 0000-0002-8095-5522^{*}

R. E. Belogurova^{1,2} ORCID: 0000-0002-3101-7708^{*}

¹A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
2, Nakhimova Ave., Sevastopol, Russia, 299011,

²Research Center for Freshwater and Brackish Water Hydrobiology,
Branch of the Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas,
87, Maria Fortus st., Kherson region, Kherson, Russia, 273003,
e-mail: makarov@ibss-ras.ru

The species composition and trophic affiliation were determined, the abundance, biomass, and occurrence of macrozoobenthos were calculated in the head of Kruglaya Bay on loose soils and in the epiphyton of macrophytes for the period from November 2022 to July 2023. 24 species of bottom macrofauna were noted on soft substrates and 29 species in algae thickets. The average number on loose surfaces was 4169 ± 259 ind./m², the average biomass was 10.5 ± 1.0 g/m². In terms of these indicators and occurrence, the gastropod *Hydrobia acuta* Draparnaud, 1805, dominates. The community of the above mollusk was identified based on the functional abundance index (FAI). The size structure of this species in March and June was dominated by individuals measuring 2.1–3.0 mm, in July – less than 2.1 mm. The maximum abundance and biomass of benthos were recorded in November (on average 7650 ind./m² and 13.3 g/m²), the minimum in March (1875 ind./m² and 2.545 g/m², respectively). Detritivores predominate in terms of the number of species, abundance and in biomass. Macrozoobenthos in the biotopes of various algae is distributed unevenly. Thus, 18 species were found with an average abundance of 1152 ind./kg and an average biomass of 8.7 g/kg in the *Cystoseira* epiphyton. We found

15 species in the *Cladophora* epiphyton, but the average abundance was higher – 3861 ind./kg, and the average biomass was lower – 2.3 g/kg. On the *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753, lived 16 species, but with a small average abundance (505 ind./kg) and average biomass (0.6 g/kg). There were 11 species with an abundance of 2656 ind./kg and a biomass of 3.4 g/kg in *Cystoseira* + *Ulva* + *Cladophora* macrophyte associations. We identified 8 species with a number of 1801 ind./kg and 10 g/kg maximum biomass in the epiphyton of *U. rigida* C.Agardh, 1823.

Keywords: species, abundance, biomass, trophic, substrate, epiphyton.

Бухта Круглая – одна из многочисленных бухт Севастополя. Расположение в пределах города и особенность преимущественного режима использования в рекреационном отношении определяют важность исследований состояния её экосистемы. Протяжённость составляет 1,4 км, максимальная ширина 0,9 км. Отдельно следует выделить вершину бухты – это водоём с глубиной до 1–2 м, возникший на месте ранее существовавшего солёного озера, впоследствии соединившегося с морем. Именно в эту часть бухты выведены аварийный сток канализационных вод и ливневой канализации [1]. Ливневый сток вызывает распреснение, увеличивает количество взвешенных частиц и повышает концентрацию биогенов в поверхностном слое и загрязняющих веществ [2]. Содержание нефтепродуктов в ливневых стоках Севастопольского региона в районе бухты Круглой бывает на 1–2 порядка выше, чем в морской воде прибрежных районов, тем не менее, она одна из наименее загрязнённых нефтяными углеводородами в системе севастопольских бухт [3]. Вместе с тем, в последние десятилетия активная застройка берегов бухты различными рекреационными объектами и значительный рост транспортного потока приводят к увеличению антропогенного пресса на экосистему бухты. Макрозообентос бухты Круглой ранее изучали, но в сезонном аспекте и в эпифитоне макрофитов в вершинной части таких работ было немного [4–8]. Таким образом, цель нашего исследования – оценить современное состояние макрозообентоса в вершине бухты Круглой на рыхлых грунтах и в эпифитоне макрофитов в различные сезоны.

Объекты и методы исследования

Пробы отбирали в ноябре 2022 г., марте, июне и июле 2023 г. в вершинной части бухты Круглой непосредственно на участке возле дороги (станция 1) на рыхлых грунтах и макрофитах, на косе у пляжа (станция 2) на рыхлых субстратах и на пляже около пирса (станция 3) в эпифитоне водорослей на глубине около 0,1 м (рис. 1).

Собрано 8 проб с мягких поверхностей и 13 проб макрофитов. С рыхлых грунтов материал отбирали ручным дночерпателем площадью 0,04 м², водоросли помещали в мешки из мельничного газа. В лабораторных условиях пробы промывали через сито с размером ячеек 0,5 мм. Mollusca разбирали не фиксированными, Annelida фиксировали 4% раствором нейтрализованного формалина, Arthropoda – 75% спиртом. Макрозообентос определяли по [9–12]. Таксономическая принадлежность приведена в соответствие со Всемирным реестром морских видов WoRMS [13]. Животных взвешивали на торсионных весах. Рассчитывали численность (экз.) и биомассу (г) видов на единицу площади дна (м²) для проб с рыхлых грунтов и на единицу массы водорослей (кг) для эпифитона макрофитов. Для каждого вида на мягких субстратах считали встречаемость (%). Сообщества выделяли по индексу функционального обилия (ИФО): $N^{0.25} \cdot B^{0.75}$, где N – численность вида, B – биомасса вида [14]. Для оценки вы-

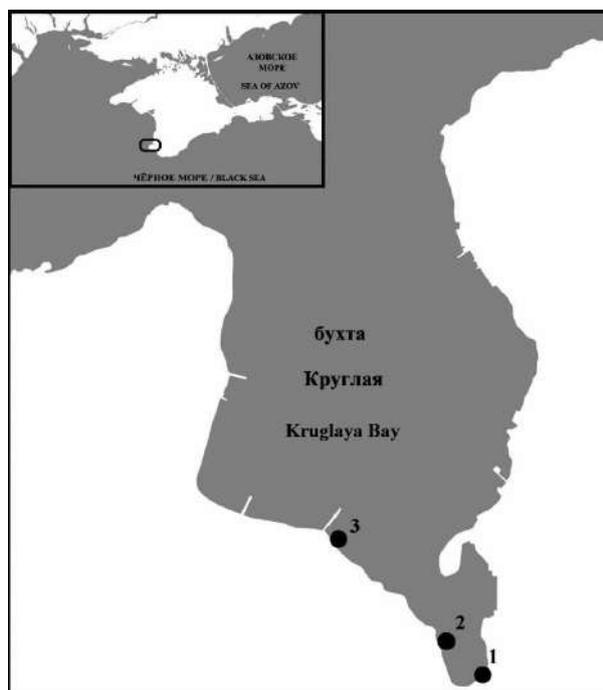


Рис. 1. Станции отбора проб
Fig. 1. Sampling sites (marked with numbers)

Таблица 1 / Table 1

Видовой состав, средняя численность (N, экз./м²) и средняя биомасса (B, г/м²) макрозообентоса на рыхлых грунтах / Species composition, average abundance (N, ind./m²) and average biomass (B, g/m²) of macrozoobenthos on soft sediments

Таксон / Taxon	Станция 1 Sampling site 1		Станция 2 Sampling site 2	
	N	B	N	B
Cnidaria				
Antozoa				
<i>Sagartia undata</i> (Müller, 1778) (= <i>Actinothoe clavata</i>)	6	–	0	0
Plathyhelminthes	13	0,004	67	0,025
Annelida				
Polychaeta				
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	0	0	38	0,058
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	6	0,025	0	0
Nereididae gen. sp.	6	0,004	17	0,063
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	94	1,917	17	0,005
<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)	6	0,001	17	0,003
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	6	–	0	0
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	6	0,004	0	0
<i>Salvatoria clavata</i> (Claparède, 1863)	34	0,014	50	0,01
<i>Sphaerosyllis bulbosa</i> Southern, 1914	6	0,008	0	0
Clitellata				
Olygochaeta g. sp	256	0,088	113	0,033
Mollusca				
Bivalvia				
<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	31	0,963	13	0,138
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	13	0,113	6	0,05
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	113	2,444	19	0,025
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	6	0,625	0	0
Gastropoda				
<i>Hydrobia acuta</i> Draparnaud, 1805	5694	10,538	656	1,231
<i>Setia valvatoides</i> Milaschewitsch, 1909	13	0,013	0	0
Arthropoda				
Malacostraca				
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	6	0,001	0	0
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966	19	0,114	0	0
<i>Microdeutopus</i> sp.	50	0,019	0	0
<i>Monocorophium acherusicum</i> (A. Costa, 1853)	19	0,006	0	0
<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1813)	6	0,001	0	0
Hexapoda				
Chironomidae (lar.)	38	0,005	13	–
Copepoda				
Harpacticoida	500	0,015	413	0,001
Всего / Total	6925 ± 713	16,94 ± 1,62	1402 ± 167	1,67 ± 0,22

равненности видов в сообществе построены кривые доминирования-разнообразия, где ось абсцисс – ранжированный ряд от наиболее многочисленного вида к наименее многочисленному, а ось ординат – средняя численность видов [15]. Трофическую принадлежность видов определяли на основании литературных данных [10–12, 16]. Для определения фаунистического сходства использовался индекс Чекановского-Сёренсена [17]:

$$I = \frac{2c}{(a + b)} \quad (1)$$

где a и b – число видов в сравниваемых списках, c – число общих видов.

Для оценки видового разнообразия рассчитывали индекс Шеннона [10]:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (2)$$

где n – число видов в анализируемой выборке, p_i – количество особей i -го вида.

Для определения размерной структуры гидробий измеряли высоту их раковины (мм) штангенциркулем. Солёность воды (‰) измеряли кондуктомером PAL-06S, температуру (°C) – термометром.

Результаты и обсуждение

Макрозообентос рыхлых грунтов бухты Круглой. На рыхлых грунтах в вершине

бухты Круглой в 2022–2023 гг. обнаружено 24 вида макрозообентоса, относящиеся к типам: Annelida (10 видов), Platyhelminthes, Mollusca (6 видов) и Arthropoda (7 видов). Не определённые до вида животные фигурируют в подсчётах как один вид (табл. 1).

Среди Mollusca преобладают эврибионтные виды (*A. segmentum*, *C. glaucum*, *M. lineatus*, *H. acuta*) [11, 18]. Гидробия – типичный обитатель вершинных частей бухт [11]. *S. valvatooides* – эвритермный моллюск, переносящий температуру до +30 °C и выдерживающий понижение солёности до 10–12 ‰ [11]. На станции 1 температура воды в июле составила +29 °C, а солёность в целом колебалась в диапазоне 14–16 ‰.

Средняя численность макрозообентоса составила 4169 ± 259 экз./м², средняя биомасса – $10,52 \pm 0,98$ г/м². По этим показателям и встречаемости (88 %) значительно доминирует *H. acuta*. Этот вид образует одноимённое сообщество как в целом в этой части акватории бухты, так и на каждой станции в отдельности. Виды в данном сообществе распределены неравномерно (рис. 2). Значительно доминирует один вид – *H. acuta*. Падение кривой существенное, что говорит о неблагоприятных условиях обитания.

Индекс видового разнообразия Шеннона для макрозообентоса рыхлых грунтов оказался невысоким – 1,47, что характерно для сообществ с резким доминированием одного

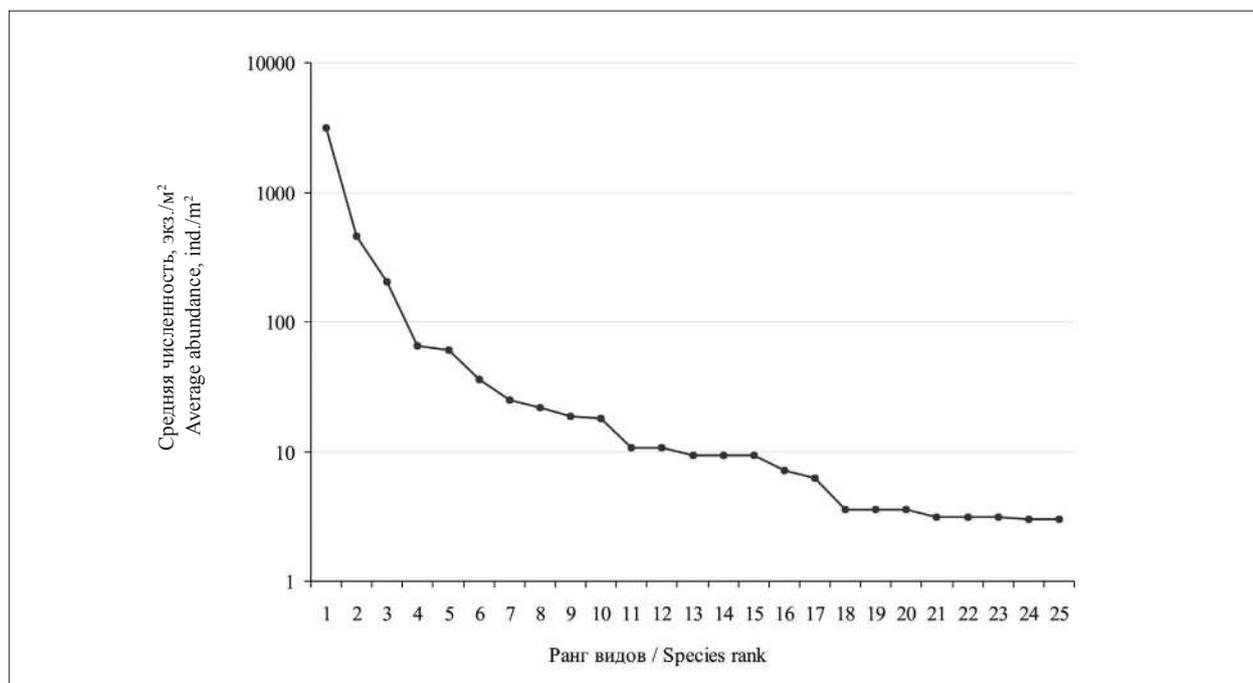


Рис. 2. Доминирование-разнообразие видов в сообществе *H. acuta*
 Fig. 2. Species dominance-diversity in the *H. acuta* community

вида: так, например, в бухте Голландия (Севастополь) на рыхлых грунтах вблизи причалов этот показатель составил 1,03–1,9 и преобладал другой вид *Gastropoda* – *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758) [19].

Для сравнения, в вершине бухты Стрелецкая в ноябре 2003 г. также было обнаружено 24 вида макрозообентоса, но с преобладанием сообщества *A. segmentum* – *H. diversicolor* [20]. Коэффициент общности видов в данном районе в 2003 г. и бухте Круглой в 2022–2023 гг. невысокий – 0,42. В вершине Севастопольской бухты – эстуарии р. Чёрной в 2019–2020 гг. отмечено 38 видов донной макрофауны и выделены другие сообщества: *C. glaucum* – *A. segmentum*, *C. glaucum* и *M. lineatus* [21]. Коэффициент общности видов Чекановского-Сёренсена в этом районе и бухте Круглой низкий – 0,35.

Трофическая принадлежность разнообразная и включает в себя пищевые группы: детритофаги, полифаги, сестонофаги, плотоядные, фитофаги и прочие. По количеству видов (8; 33 %), численности (3248 экз./м²; 78 %) и биомассе (7,4 г/м²; 70 %) преобладают детритофаги – преимущественно за счёт *H. acuta*.

В сезонной динамике численности и биомассы макрозообентоса максимумы отмечены в ноябре (7650 экз./м² и 13,28 г/м² соответственно) благодаря высоким показателям гидробий. Также относительно высокая биомасса зафиксирована в июле (10,95 г/м²) преимущественно за счёт митилястеров, минимумы – в марте (1875 экз./м² и 2,5 г/м²) при температуре воды 10–11 °С, когда, вероятно, ещё не началось размножение *H. acuta*.

В размерной структуре *H. acuta* в конце марта и начале июня доминировали особи размером 2,1–3,0 мм (59–100 %), в начале июля – размером менее 2,1 мм (55 %). Гидробии размножаются в апреле–мае, и, вероятно, в июле, когда завершается оседание личинок, отмечается много молоди [11].

По собственным данным, в 2001–2002 гг. в вершине бухты Круглой было обнаружено 10 видов *Gastropoda*, но средняя численность составила всего 270 экз./м². Также преобладала *H. acuta* (средняя численность 190 экз./м²).

Эпифитон макрофитов бухты Круглой. В эпифитоне макрофитов в 2022–2023 гг. отмечено 29 видов донной макрофауны, относящихся к типам: *Annelida* (3 вида), *Mollusca* (8 видов) и *Artropoda* (18 видов). Неопределённые до вида животные также фигурируют как один вид (табл. 2).

В эпифитоне *Cladophora* sp. обнаружено 15 видов макрозообентоса. В этом биотопе у

берегов Крыма исследования всей донной макрофауны ранее проводили только в устье бухты Круглой в 2009–2010 гг. и было отмечено 10 видов [7]. Наши данные дополнили список видов полихетой *G. tuberculata*, гастроподами *S. valvatoides* и *P. interstincta*, ракообразными *Cumella* (*Cumella*) *limicola*, *G. insensibilis*, *M. acherusicum* и *S. monoculoides*.

Максимальное количество видов (18) найдено на цистозире. Поскольку она не определена до вида, а обитающие в Чёрном море два вида в современной номенклатуре относятся к разным родам, мы здесь использовали прежнее название рода *Cystoseira*. У неё кустистый, разветвлённый таллом высотой 10–120 см. Обитает на камнях или скалах на глубинах от 0,5 до 10 м, редко до 30 м [22]. В бухте Круглой она встречена нами на глубине 0,1 м. Из макрозообентоса следует отметить *H. acuta*, которая нечасто встречается на цистозире. Однако, отсутствует *T. pullus* – вид, более характерный для зарослевых биоценозов [16].

Макрозообентос в зарослях водорослей *U. intestinalis* у побережья Крыма ранее не исследован, поэтому все виды, встреченные в данном биотопе, отмечены там впервые. Минимальное количество видов обнаружено в эпифитоне *U. rigida* (8). Ульвовые фитоценозы занимают самую мелководную часть побережья, приурочены к защищённым и загрязнённым участкам моря. Заросли ульвы часто встречаются вблизи крупных населённых пунктов и возле выходов канализационных стоков [22]. Эпифитон ульвы мало исследован: у побережья Севастополя в 1975–1990 гг. в данном биотопе было отмечено 47 видов макрозообентоса [23]. В 2009–2010 гг. на глубине 3 м в бухте Круглой найдено 13 видов [7]. Наши данные дополнили список видов *M. acherusicum*.

Проведено сравнение видового состава животных на водорослях (табл. 3).

Сходство видов в целом невысокое, преимущественно около 0,5. Ещё ниже оно у эпифитона *U. rigida* с макрозообентосом некоторых других водорослей (0,34–0,35). В 2009–2010 гг. коэффициенты сходства видов Чекановского-Сёренсена на *U. rigida* – *Cystoseira* sp. и *U. rigida* – *Cladophora* sp. были несколько выше (0,5 и 0,55 соответственно) [7].

Наибольшая численность (3861 ± 204 экз./кг) макрозообентоса отмечена в эпифитоне *Cladophora* sp. Это нитчатая зелёная водоросль с талломами в виде длинных разветвлённых нитей, обитающая на скалах,

Таблица 2 / Table 2

Видовой состав, средняя численность (экз./кг, над чертой) и средняя биомасса (г/кг, под чертой) макрозообентоса в зарослях макрофитов / Species composition, average abundance (individuals/kg, above the line) and average biomass (g/kg, below the line) of macrozoobenthos in macrophyte thickets

Таксон / Taxon	<i>Cystoseira</i> sp.	<i>Cladophora</i> sp.	<i>Ulva</i> <i>intestinalis</i>	<i>U. rigida</i>	<i>Cystoseira</i> + <i>Cladophora</i> + <i>Ulva</i>
Annelida					
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	<u>10</u> 0,01	<u>32</u> 0,064	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Nereididae</i> gen. sp.	<u>23</u> 0,011	<u>0</u> 0	<u>6</u> 0,003	<u>267</u> 0,667	<u>0</u> 0
<i>Polyophtalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	<u>13</u> 0,013	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Mollusca					
Bivalvia					
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	<u>103</u> 2,903	<u>449</u> 0,449	<u>101</u> 0,085	<u>0</u> 0	<u>360</u> 0,36
Gastropoda					
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	<u>177</u> 1,86	<u>64</u> 0,994	<u>7</u> 1,86	<u>200</u> 1,6	<u>90</u> 1,622
<i>Hydrobia acuta</i> Draparnaud, 1805	<u>41</u> 0,123	<u>0</u> 0	<u>14</u> 0,123	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Parthenina interstincta</i> (J. Adams, 1797)	<u>0</u> 0	<u>32</u> 0,032	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830	<u>295</u> 3,543	<u>289</u> 0,289	<u>54</u> 0,054	<u>600</u> 4,67	<u>1306</u> 1,306
<i>R. venusta</i> R. A. Philippi, 1844	<u>13</u> 0,013	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Setia valvatoides</i> Milaschewitsch, 1909	<u>13</u> 0,013	<u>193</u> 0,193	<u>14</u> 0,014	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>6</u> 0,006	<u>133</u> 3,47	<u>0</u> 0
Arthropoda					
Malacostraca					
Amphipoda sp.					
	<u>107</u> 0,001	<u>16</u> 0,002	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	<u>38</u> 0,12	<u>0</u> 0	<u>47</u> 0,015	<u>400</u> 0,2	<u>135</u> 0,059
<i>Ampithoe</i> sp.	<u>0</u> 0	<u>16</u> 0,002	<u>54</u> 0,004	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Apohyale perieri</i> (Lucas, 1846)	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>8</u> 0,031	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Biancolina algicola</i> Della Valle, 1893	<u>13</u> 0,003	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	<u>46</u> 0,013	<u>2148</u> 0,125	<u>50</u> 0,007	<u>0</u> 0	<u>315</u> 0,05
<i>Chondrochelia</i> <i>savignyi</i> (Kroyer, 1842)	<u>143</u> 0,031	<u>161</u> 0,016	<u>0</u> 0	<u>67</u> 0,003	<u>180</u> 0,018
<i>Cumella</i> (<i>Cumella</i>) <i>limicola</i> Sars, 1879	<u>0</u> 0	<u>32</u> 0,002	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	<u>0</u> 0	<u>32</u> 0,007	<u>41</u> 0,019	<u>0</u> 0	<u>45</u> 0,005
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966	<u>0</u> 0	<u>48</u> 0,075	<u>7</u> 0,023	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0

Окончание таблицы 2

Таксон / Taxon	<i>Cystoseira</i> sp.	<i>Cladophora</i> sp.	<i>Ulva intestinalis</i>	<i>U. rigida</i>	<i>Cystoseira+Cladophora+Ulva</i>
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>52</u> 0,202	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
<i>Microdeutopus</i> sp.	<u>35</u> 0,01	<u>0</u> 0	<u>41</u> 0,003	<u>67</u> 0,007	<u>45</u> 0,005
<i>Monocorophium acherusicum</i> (A. Costa, 1853)	<u>0</u> 0	<u>32</u> 0,007	<u>0</u> 0	<u>67</u> 0,027	<u>0</u> 0
<i>Plumulojassa oia</i> (Spence Bate & Westwood, 1862)	<u>13</u> 0,001	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>45</u> 0,005
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>90</u> 0,01
<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1813)	<u>53</u> 0,001	<u>321</u> 0,042	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>45</u> 0,002
Hexapoda					
Chironomidae (lar.)	<u>13</u> 0,003	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Copepoda					
Harpacticoida	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>6</u>	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0
Всего / Total	<u>1152±31</u> 8,7±0,4	<u>3861±204</u> 2,3±0,1	<u>505±13</u> 0,6±0,02	<u>1801±97</u> 10,0±0,8	<u>2656±148</u> 3,4±0,2

Таблица 3 / Table 3

Коэффициент сходства видов макрозооэпифитона Чекановского-Сёренсена
Chekanovsky-Sørensen coefficient of similarity between macrozoeriphyton species

Вид / Species	<i>Cystoseira</i> sp.	<i>Cladophora</i> sp.	<i>Ulva intestinalis</i>	<i>U. rigida</i>	<i>Cystoseira+Ulva+Cladophora</i>
<i>Cystoseira</i> sp.		0,55	0,53	0,46	0,55
<i>Cladophora</i> sp.	0,55		0,52	0,35	0,54
<i>Ulva intestinalis</i>	0,53	0,52		0,5	0,52
<i>U. rigida</i>	0,46	0,35	0,5		0,34
<i>Cystoseira+Ulva+Cladophora</i>	0,55	0,54	0,52	0,34	

Примечание: прочерк означает, что индикатор не имеет смысла.
Note: a dash means that indicator doesn't make sense.

камнях, ракушке, песке [22]. Среди донной макрофауны доминирует амфипода *C. acanthifera* (56 %).

Максимальная биомасса (10,04 ± 0,75 г/кг) макрозооэпифитона была на *U. rigida*. Наибольший вклад (47 %) внесла гастропода *R. splendida*. Это эвритоппный вид, в том числе характерный для зарослевых сообществ [12, 16]. В 1975 г. у побережья Севастополя *R. splendida* также достигала высокой биомассы в эпифитоне *U. rigida*, хотя и уступала по этому показателю *I. balthica*, *T. pullus* и *M. lineatus* [23].

По ИФО выделены следующие сообщества: брюхоногого моллюска *R. splendida* в эпифитонах водорослей *Cystoseira* sp., *U. rigida* и ассоциациях *Cystoseira* sp. + *Ul-*

va sp. + *Cladophora* sp.; двусторчатого моллюска *M. lineatus* на *Cladophora* sp. и изоподы *I. balthica* в зарослях *U. intestinalis*. Моллюск *R. splendida* образовывал одноимённые сообщества в эпифитоне *Cystoseira* sp. в других районах черноморского побережья: Тарханкут (Северо-Западный Крым), Симеиз (южный берег Крыма) и Утриш (Западный Кавказ). В бухте Круглой на глубинах 1–5 м отмечено сообщество другой гастроподы – *B. reticulatum* [24].

Для оценки состояния сообществ построенные кривые доминирования-разнообразия (рис. 3).

Наибольшее доминирование отмечено в эпифитоне *Cladophora* sp. благодаря высокой численности *C. acanthifera*. Наименьшая длина кривой – на водоросли *U. rigida*. На них,

вероятно, наименее благоприятные условия обитания животных. Меньшее доминирование и длинные кривые позволяют предположить, что наиболее благоприятные условия обитания макрозообентоса на *U. intestinalis* и *Cystoseira* sp. Ранее, на глубинах 1, 3 и 5 м в эпифитоне цистозире также отмечались относительно благоприятные условия для макробентосных животных [24].

Показатель видового разнообразия Шеннона для сообществ на макрофитах бухты Круглой изменялся от 2,34 (в эпифитоне *Cladophora* sp.) до 3,49 (в эпифитоне *U. intestinalis*). В эпифитоне *U. rigida* он составил 2,58; в зарослях водорослей рода *Cystoseira* – 3,42. В целом, данные показатели подтверждают, что наибольшее доминирование одного вида наблюдалось на *Cladophora* sp., а наименьшее – на *U. intestinalis* и *Cystoseira* sp.

Население эпифитонных сообществ обладало широким пищевым спектром: представлены детритофаги, фитофаги, сестонофаги, полифаги, плотоядные (эктопаразиты) и прочие. По количеству видов в целом преобладают детритофаги и фитофаги (по 9

видов), но на разных водорослях есть различия. Так, на *U. intestinalis* больше фитофагов (7 видов), на *Cystoseira* sp. и в ассоциациях *Cystoseira* sp. + *Ulva* sp. + *Cladophora* sp. и *Cladophora* sp. – детритофагов (6; 6 и 5 видов соответственно), на *U. rigida* – фитофагов и детритофагов по 3 вида. Это, вероятно, связано с разными свойствами макрофитов, например, с разветвленностью слоевища. Она особое влияние оказывает на ту часть животных, которые питаются диатомовыми обрастаниями [16]. В группу детритофагов максимальный вклад вносят Crustacea, в группу фитофагов – Gastropoda и Crustacea. По численности на кладофоре преобладают детритофаги (из них многочисленна *C. acanthifera*), на других водорослях – фитофаги. По биомассе на *Cladophora* sp., *U. intestinalis* и совместно на цистозире, ульве и кладофоре доминируют полифаги благодаря гастроподе *B. reticulatum*, а на *Cystoseira* sp. и *U. rigida* – фитофаги.

Роль макрозообентоса в питании рыб бухты Круглой. Как известно, водные беспозвоночные – один из важных компонентов в питании зоофагов. По современным данным,

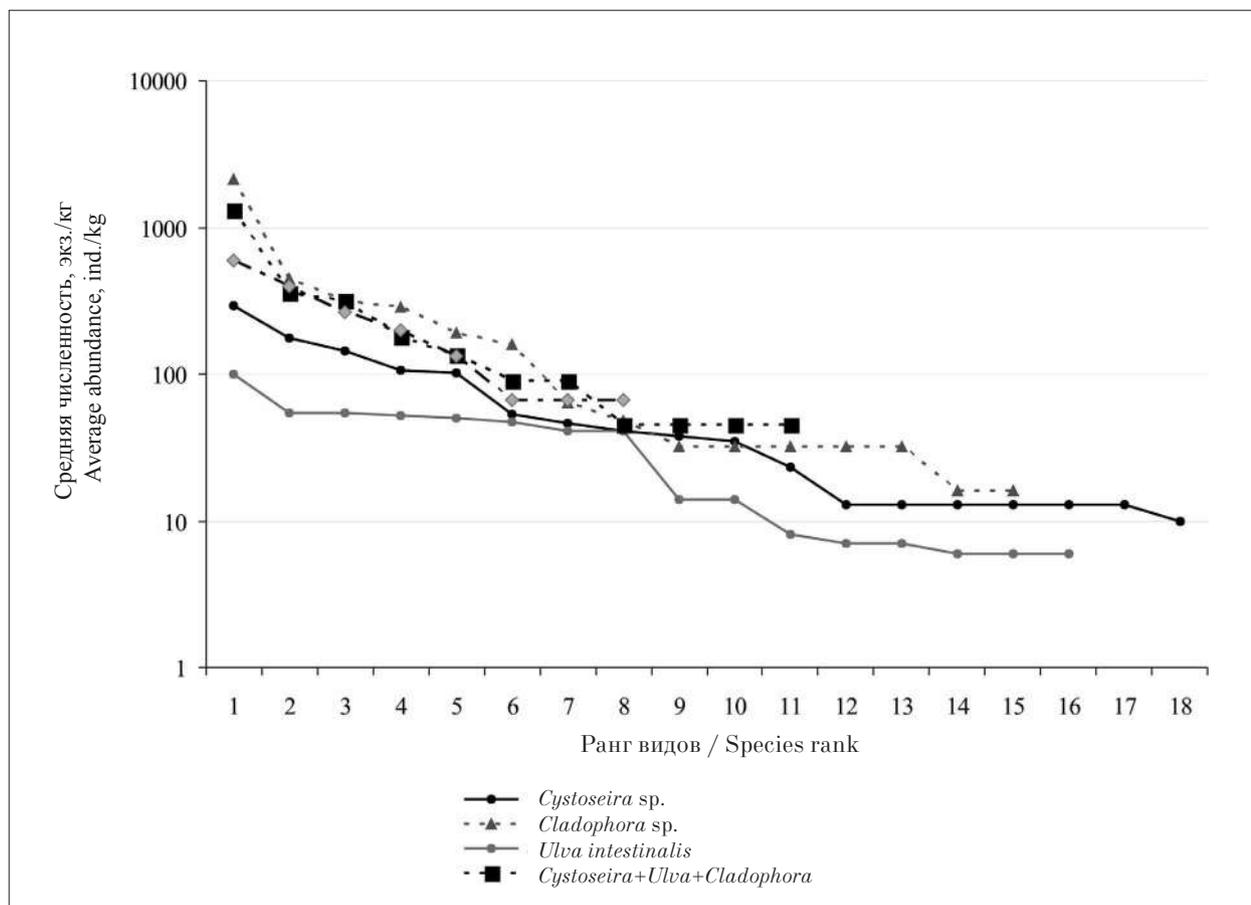


Рис. 3. Доминирование–разнообразие видов в различных сообществах
 Fig. 3. Species dominance–diversity in various communities

ихтиофауна бухты Круглой представлена 60 видами рыб, большинство из которых являются осёдлыми, и, по меньшей мере, 20 из них – бентофаги [25–27]. Наиболее многочисленную группу рыб-бентофагов образуют бычковые Gobiidae – это бычки чёрный (*Gobius niger* Linnaeus, 1758), травяник (*G. ophiocephalus* (Pallas, 1814)), паганель (*G. paganellus* Linnaeus, 1758), кругляк (*Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)), лысун Бата (*Pomatoschistus bathi* Miller, 1982) и леопардовый лысун (*P. marmoratus* (Risso, 1810)). Так, согласно исследованиям питания рыб из Севастопольской бухты, прибрежные рыбы питаются массовыми формами макрозообентоса [26]. В желудках бычка-кругляка преобладали моллюски (кардиум *Cardium* sp., риссоа *Rissoa* sp., мидия *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 и некоторые другие); у султанки из этого района обнаружены моллюски *Polititapes* sp., *Modiolus* sp., *M. galloprovincialis*, а также полихеты (*Nereis* sp.), Amphipoda и Decapoda.

Вторую по численности группу рыб из бухты Круглой, в спектр питания которой входят бентосные организмы, образуют губановые Labridae. Рябчик *Symphodus cinereus* Bonnaterre, 1788, глазчатый губан *S. ocellatus* Forsskål, 1775 и перепелка *S. roissali* (Risso, 1810) предпочитают мелких ракообразных, гастропод и двустворчатых моллюсков, а рулена *S. tinca* (Linnaeus, 1758) питается преимущественно *Mytilaster lineatus* Gmelin, 1791 [26].

Заключение

В вершинной части бухты Круглой в ноябре 2022 – июле 2023 гг. отмечено 24 вида донной макрофауны на мягких субстратах и 29 видов в зарослях водорослей. Средняя численность на рыхлых поверхностях составила 4169 ± 259 экз./м², средняя биомасса – $10,50 \pm 0,98$ г/м². Доминирует брюхоногий моллюск *Hydrobia acuta*. По индексу функционального обилия он образует одноимённое сообщество. Максимальные численность и биомасса макрозообентоса зафиксированы в ноябре (в среднем 7650 экз./м² и $13,3$ г/м²), минимальные – в марте (1875 экз./м² и $2,5$ г/м² соответственно). В трофическом отношении по количеству видов, численности и биомассе преобладали детритофаги. Максимальное количество видов обнаружено в эпифитоне *Cystoseira* sp. – 18. Наибольшая численность отмечена в эпифитоне *Cladophora* sp. – 3861 экз./кг. Самая высокая биомасса животных была на водорослях *Ulva rigida* – 10 г/кг.

Выделены сообщества: *Rissoa splendida* в эпифитонах водорослей *Cystoseira* sp., *Ulva rigida* совместно на цистозире, ульве и кладофоре; *Mytilaster lineatus* на *Cladophora* sp. и *Idothea balthica* в зарослях *Ulva intestinalis*. В трофическом отношении на *U. intestinalis* больше всего фитофагов, на *Cystoseira* sp. и совместно на цистозире, ульве и кладофоре и *Cladophora* sp. – детритофагов, на *U. rigida* – фитофагов и детритофагов поровну. По численности на *Cladophora* sp. преобладали детритофаги, на других водорослях – фитофаги. По биомассе на *Cladophora* sp., *U. intestinalis* и совместно на цистозире, ульве и кладофоре доминировали полифаги, а на *Cystoseira* sp. и *U. rigida* – фитофаги.

Авторы признательны младшему научному сотруднику отдела экологии бентоса ФИЦ ИнБЮМ Л. В. Бондаренко за определение Arthropoda и младшему научному сотруднику того же отдела и института Д. В. Подзоровой за определение Annelida, а также обеим сотрудницам за ценные замечания по тексту статьи.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148-4), а также частично в рамках темы НИЦ ПСГ – филиал ФИЦ ИнБЮМ «Оценка и развитие рыбохозяйственного потенциала перспективных районов Северного Причерноморья» (№ гос. регистрации 125012100509-6).

Литература

1. Куфтаркова Е.А., Родионова Н.Ю., Губанов В.И., Бобко Н.И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт севастопольского взморья // Труды ЮгНИРО. 2008. Т. 46. С. 110–117.
2. Беляева О.И. Проблема нефтяного загрязнения ливневых стоков в морской береговой зоне Севастопольской бухты (обзор) // Ученые записки ТНУ имени В.И. Вернадского. Сер.: География. 2004. Т. 17. № 4. С. 105–112.
3. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 185 с.
4. Зернов С.А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря. СПб.: Тип. Императорской Акад. наук, 1913. 299 с.
5. Копий В.Г. Макрозообентос в прибрежной зоне бухт Севастополя (Крымское побережье Чёрного моря) // Морський екологічний журнал. 2011. № 2. С. 43–48.

6. Алёмов С.В., Витер Т.В., Гусева Е.В. Многолетние изменения состояния сообществ макрозообентоса бухты Круглая (регион Севастополя) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 2. С. 59–66. doi: 10.22449/2413-5577-2019-2-59-66
7. Макаров М.В., Бондаренко Л.В., Копий В.Г. Донная фауна бухты Круглой (Чёрное море, Крым). Сообщение I. Эпифитон макрофитов // Труды Карадагской научной станции имени Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2022. Т. 7. № 1. С. 11–26. doi: 10.21072/есо.2022.21.02
8. Болтачева Н.А., Ревков Н.К., Бондаренко Л.В., Макаров М.В., Надольный А.А. Донная фауна бухты Круглой (Чёрное море, Крым). Сообщение II. Таксономический состав и количественное развитие макрозообентоса рыхлых грунтов // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2022. Т. 7. № 2 (22). С. 3–22. doi: 10.21072/есо.2022.22.01
9. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей: в 3 т. Т. 3. Киев: Наукова думка, 1972. 340 с.
10. Грезе И.И. Амфиподы Чёрного моря и их биология. Киев: Наукова думка, 1977. 156 с.
11. Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с.
12. Киселёва М.И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2004. 409 с.
13. World register of marine species [Электронный ресурс] <http://www.marinespecies.org/> (Дата обращения: 13.12.2023).
14. Мальцев В.И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов // Гидробиологический журнал. 1990. Т. 26. № 1. С. 87–89.
15. Whittaker R.H. Dominance and diversity in land plant communities: numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution // Science. 1965. V. 147. No. 3655. P. 250–260. doi: 10.1126/science.147.3655.250
16. Маккавеева Е.Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1979. 229 с.
17. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.
18. Копий В.Г., Бондаренко Л.В. Атлас обитателей псевдолиторали Азово-Черноморского побережья Крыма. Севастополь: ООО Полиграфический комплекс КИА, 2020. 120 с. doi: 10.21072/978-5-6044865-1-1
19. Витер Т.В. Донные сообщества в районе причалов б. Голландия и в районе ГРЭС (б. Севастопольская) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2013. № 27. С. 431–438.
20. Колесникова Е.А., Болтачева Н.А., Макаров М.В. Макробентос кутовой части бухты Стрелецкой // Наукові записки Тернопільського Національного педагогічного університету. Сер.: Біологія. Спец. вип. Гідроєкологія. 2005. Т. 4. С. 287–289.
21. Макаров М.В., Витер Т.В. Пространственно-временные изменения в макрозообентосе устья реки Чёрной и вершины Севастопольской бухты (Юго-Западный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7. № 4. С. 92–107.
22. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1975. 248 с.
23. Маккавеева Е.Б. Эпифитон зарослей зелёной ульвы (*Ulva rigida*) // Экология моря. 1992. Т. 42. С. 20–24.
24. Макаров М.В., Копий В.Г., Бондаренко Л.В., Витер Т.В., Подзорова Д.В. Макрозообентос зарослей водорослей *Cystoseira crinita* Duby, 1830 у берегов Крыма и Кавказа (Чёрное море) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6. № 3. С. 97–116. doi: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-97-116
25. Гирагосов В.Е., Мильчакова Н.А., Карпова Е.П., Ковардаков С.А., Бондарева Л.В. Биологическое разнообразие бухты Круглой и перспективы создания орнитологического заказника (юго-западный Крым, Чёрное море) // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 179–185. doi: 10.25750/1995-4301-2023-3-179-185
26. Шевченко Н.Ф. Видовой состав и количественное распределение рыб в бухтах и районе Севастополя // Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. Киев: Наукова думка, 1993. С. 77–86.
27. Болтачёв А.Р., Карпова Е.П. Ихтиофауна прибрежной зоны Севастополя (Чёрное море) // Морской экологический журнал. 2012. Т. 11. № 2. С. 10–27.

References

- Kuftarkova E.A., Rodionova N.Yu., Gubanov V.I., Bobko N.I. Hydrochemical characteristics of several bays of the Sevastopol coast // Trudy YugNIRO. 2008. V. 46. P. 110–117 (in Russian).
- Belyaeva O.I. The problem of oil pollution of storm drains in the sea coastal zone of Sevastopol Bay: a review // Uchenye zapiski TNU im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. 2004. V. 17. No. 4. P. 105–112 (in Russian).
- Mironov O.G., Kirjukhina L.N., Alyomov S.V. Sanitary-biological aspects of the Sevastopol bays ecology in XX century. Sevastopol: ECOSI-Gidrofyzika, 2003. 185 p. (in Russian).
- Zernov S.A. On the issue of studying the life of the Black Sea. Sankt-Peterburg: Tipografiya Imperatorskoy Akademii nauk, 1913. 299 p. (in Russian).

5. Kopyi V.G. Macrozoobenthos in the coastal zone of Sevastopol bays (Crimean Black Sea near-coast) // Marine ecological journal. 2011. No. 2. P. 43–48 (in Russian).
6. Alyomov S.V., Viter T.V., Guseva E.V. Long-term changes of the state of macrozoobenthos communities in the Kruglaya Bay (Sevastopol) // Ecological safety of coastal and shelf zones of sea. 2019. V. 2. P. 59–66 (in Russian). doi: 10.22449/2413-5577-2019-2-59-66
7. Makarov M.V., Bondarenko L.V., Kopyi V.G. Fauna of Kruglaya Bay (the Black Sea, Crimea). Part 1. Epiphyton of macrophytes // Proceedings of the T.I. Vyazemsky Karadag scientific station – Nature Reserve of the RAS. 2022. V. 7. No. 1. P. 11–26 (in Russian). doi: 10.21072/eco.2022.21.02
8. Boltacheva N.A., Revkov N.K., Bondarenko L.V., Makarov M.V., Nadolny A.A. Bottom fauna of Kruglaya Bay (Black Sea, Crimea). Message II. Taxonomic composition and quantitative development of macrozoobenthos in loose soils // Proceedings of the Karadag Scientific Station named after. T.I. Vyazemsky – natural reserve of the Russian Academy of Sciences. 2022. V. 7. No. 2 (22). P. 3–22 (in Russian). doi: 10.21072/eco.2022.22.01
9. Key to the fauna of the Black and Azov seas: in 3 volumes. V. 3. Kiev: Naukova Dumka, 1972. 340 p. (in Russian).
10. Greze I.I. Amphipods of the Black Sea and their biology. Kiev: Naukova Dumka, 1977. 156 p. (in Russian).
11. Chukhchin V.D. Gastropods ecology in the Black Sea. Kiev: Naukova Dumka, 1984. 176 p. (in Russian).
12. Kiseleva M.I. Polychaetes (Polychaeta) of the Azov and Black seas. Apatity: Publishing house of the Kola Scientific Center RAS, 2004. 409 p. (in Russian).
13. World register of marine species [Internet recourse] <http://www.marinespecies.org/> (Accessed: 13.12.2023).
14. Maltsev V.I. Use of a functional abundance index for structural studies of zoocoenoses // Hydrobiological Journal. 1990. V. 26. No. 1. P. 87–89 (in Russian).
15. Whittaker R.H. Dominance and diversity in land-plant communities : numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution // Science. 1965. V. 147. No. 3655. P. 250–260. doi: 10.1126/science.147.3655.250
16. Makkaveeva E.B. Invertebrates of macrophyte thickets in the Black Sea. Kiev: Naukova Dumka, 1979. 229 p. (in Russian).
17. Pesenko Yu.A. Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies. Moskva: Nauka, 1982. 288 p. (in Russian).
18. Kopyi V.G., Bondarenko L.V. Atlas of inhabitants of the pseudolittoral of the sea of Azov–Black sea coast of Crimea. Sevastopol: OOO Poligraficheskiy kompleks KIA, 2020. 120 p. (in Russian). doi: 10.21072/978-5-6044865-1-1
19. Viter T.V. Bottom communities in the berth area of the Gollandiya Bay and in the area of the state district power station (Sevastopolskaya Bay) // Ecological safety of the coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources. 2013. No. 27. P. 431–438 (in Russian).
20. Kolesnikova E.A., Boltacheva N.A., Makarov M.V. Macrozoobenthos of the inner part of Streletskaia Bay (Black Sea) // Scientific notes of the Ternopil National Pedagogical University. Series Biology. Special Iss. Hydroecology. 2005. V. 4. P. 287–289 (in Russian).
21. Makarov M.V., Viter T.V. Spatial-temporal changes in the macrozoobenthos of the Chernaya River mouth and the top of Sevastopol'skaya Bay (South-west Crimea) // Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. 2021. V. 7. No. 4. P. 92–107 (in Russian).
22. Kalugina-Gutnik A. A. Phytobenthos of the Black Sea. Kiev: Naukova Dumka, 1975. 248 p. (in Russian).
23. Makkaveeva E.B. Epiphyton of *Ulva rigida* thickets // Sea ecology. 1992. V. 42. P. 20–24 (in Russian).
24. Makarov M.V., Kopyi V.G., Bondarenko L.V., Viter T.V., Podzorova D.V. Macrozoobenthos in the epiphyton of algae *Cystoseira crinita* Duby, 1830 near the coast of Crimea and the Caucasus (Black Sea) // Scientific notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. 2020. V. 6. No. 3. P. 97–116 (in Russian). doi: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-97-116
25. Giragosov V.E., Milchakova N.A., Karpova E.P., Kovardakov S.A., Bondareva L.V. Features of the biological diversity of the Kruglaya Bay and prospects for creating an ornithological reserve (southwestern Crimea, Black Sea) // Theoretical and Applied Ecology. 2023. No. 3. P. 179–185 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2023-3-179-185
26. Shevchenko N.F. Species composition and quantitative distribution of fish in bays and the area of Sevastopol // Ichthyofauna of the Black Sea bays under anthropogenic impact. Kyiv: Naukova Dumka, 1993. P. 77–86 (in Russian).
27. Boltachev A.R., Karpova E.P. The ichthyofauna of the Sevastopol coastal zone (the Black Sea) // Marine Ecological Journal. 2012. V. 11. No. 2. P. 10–27 (in Russian).