







DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-250314>

EDN: <https://elibrary.ru/vwqpkt>

УДК 591.524.111(262.5-751)

Научная статья

Современное состояние макрозообентоса скальных субстратов Карадагского природного заповедника (Черное море, Крым)

В.Г. Копий* , М.А. Ковалева , М.В. Макаров ,
В.А. Тимофеев 

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

*kopiy@ibss-ras.ru

Аннотация. В обрастаниях естественных твердых субстратов Карадага (на скалах Кузьмичёв камень, Иван Разбойник, Золотые ворота, Лев, Маяк, в бухтах Барахты и Сердоликовая) на глубине 0–5 м в 2021–2022 гг. обнаружено 106 видов макрозообентоса. Средняя плотность и биомасса макрозообентоса составила 35355 ± 9958 экз./м² и 2678.38 ± 909.73 г/м² соответственно. Наибольшая плотность зарегистрирована в перифитоне скалы Маяк (54878 экз./м²), наибольшая биомасса – в перифитоне скалы Лев (5712.62 г/м²). В обрастаниях бухты Сердоликовая значительный вклад в общую плотность внесли ракообразные (54%), на остальных участках – моллюски (от 49 до 86%). На всем исследуемом полигоне на основании индекса функционального обилия выделено сообщество *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1790). По количеству видов преобладали полифаги, по плотности и биомассе – сестонофаги. Среди сестонофагов в общую плотность и биомассу значительный вклад вносил двусторчатый моллюск *M. lineatus* (98 и 86% соответственно).

Ключевые слова: сообщество, плотность, биомасса, встречаемость, трофика, биотоп скал, Карадаг

Финансирование. 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).

Благодарности. Материал был получен на УНУ ГПЗ "Карадагский". Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела Экологии бентоса ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ: м.н.с. Л.В. Бондаренко за помощь в определении ракообразных, вед. инж. Ю.И. Литвину за помощь в отборе проб, вед. инж. И.Н. Аннинской за помощь в обработке проб и с.н.с. отдела оптики и биофизики моря ФГБУН ФИЦ МГИ А.А. Латушкину за помощь в отборе проб.

ORCID:В.Г. Копий, <https://orcid.org/0000-0003-4777-3409>М.А. Ковалева, <https://orcid.org/0000-0002-6506-1512>М.В. Макаров, <https://orcid.org/0000-0002-8095-5522>В.А. Тимофеев, <https://orcid.org/0000-0002-1112-7141>

Для цитирования: Копий, В.Г. и др., 2026. Современное состояние макрозообентоса скальных субстратов Карадагского природного заповедника (Черное море, Крым). *Трансформация экосистем* 9 (2), 130–154. <https://doi.org/10.23859/estr-250314>

Поступила в редакцию: 14.03.2025

Принята к печати: 23.05.2025

Опубликована онлайн: 15.05.2026

DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-250314>EDN: <https://elibrary.ru/vwqpkt>

UDC 591.524.111(262.5-751)

Article

Current state of macrozoobenthos of the rocky marine environment of Karadag Nature Reserve (Black Sea, Crimea)

V.G. Kopyi* , M.A. Kovaleva , M.V. Makarov ,V.A. Timofeev 

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Prospect Nakhimova St. 2, Sevastopol, 299011 Russia

*kopyi@ibss-ras.ru

Abstract. In 2021–2022, 106 macrozoobenthos species were found in the fouling communities of the rocky marine environment of Karadag Nature Reserve at a 0–5-m depth. In the reserve, several rocks (Kuzmichev Kamen', Ivan Razboynik, Zoloty Vorota, Lev, and Mayak) and two bays, the Barakhta Bay and Serdolikovaya Bay, were studied. The average macrozoobenthos abundance ranged as 35355 ± 9958 ind./m², biomass, 2678.38 ± 909.73 g/m². The highest abundance was recorded in the periphyton communities at Mayak Rock (54878 ind./m²), the highest biomass, in the periphyton at Lev Rock (5712.62 g/m²). In fouling communities of the Serdolikovaya Bay, crustaceans made a significant contribution to the total abundance (54%), while in other areas, these were mollusks (from 49 to 86%). Based on the functional abundance index, community of *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1790) was identified in the study area. Omnivorous species predominated by the species number, sestonophagous species, by abundance and biomass. Sestonophagous bivalve mollusk *M. lineatus* contributed significantly to total abundance and biomass (98% and 86% respectively).

Keywords: community, abundance, biomass, frequency of occurrence, trophic structure, rocky biotope, Karadag Nature Reserve

Funding. The study was carried out within the framework of the State Assignment for the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, theme “Biodiversity as a Basis for the Sustainable Functioning of Marine Ecosystems; Criteria and Scientific Principles for its Conservation” (state registration no. 124022400148-4).

Acknowledgements. The material was collected at the Karadag Nature Reserve. The authors express their gratitude to the staff of the Benthos Ecology Department of the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas. Special thanks go to L.V. Bondarenko, junior researcher, for assistance in identifying crustaceans, Yu.I. Litvin, leading engineer, for assistance in sampling, I.N. Anninskaya, leading engineer, for assistance in sample processing. We are grateful to A.A. Latushkin, senior researcher of the Marine Optics and Biophysics Department, Marine Hydrophysical Institute, for assistance in sampling.

ORCID:

V.G. Kopyi, <https://orcid.org/0000-0003-4777-3409>

M.A. Kovaleva, <https://orcid.org/0000-0002-6506-1512>

M.V. Makarov, <https://orcid.org/0000-0002-8095-5522>

V.A. Timofeev, <https://orcid.org/0000-0002-1112-7141>

To cite this article: Kopyi, V.G. et al., 2026. Current state of macrozoobenthos of the rocky marine environment of Karadag Nature Reserve (Black Sea, Crimea). *Ecosystem Transformation* 9 (2), 130–154. <https://doi.org/10.23859/estr-250314>

Received: 14.03.2025

Accepted: 23.05.2025

Published online: 15.05.2026

Введение

Карадаг состоит из трех дугообразных хребтов, которые сложены терригенно-вулканогенными и терригенно-карбонатными комплексами мезозойского возраста. Кузьмичёв камень – крупная скала, выдвинувшаяся в море на глубину 4–5 метров. Из-за обвалов и осыпей береговая линия часто меняет свое очертание. Скала Иван Разбойник – небольшое 100-метровое жерло вулкана с многоактными излияниями магмы. Скала Золотые Ворота – лежащая жерловина вулкана из концентрических лав андезито-базальтов со столбчатой отдельностью. Скала Лев – неск между двумя расщепленными в основании дайками, основная трещинная жерловина расположена под скалой ниже уровня моря. Скала Маяк сложена магматическими породами липарито-дацитами. Небольшая бухта Барахта расположена в середине береговой линии Карадага с юго-западной стороны от Сердоликовой бухты. У Сердоликовых бухт (Южная, Средняя и Северная) крутой юго-восточный склон хребта бронируют лавовые потоки с «подушками» (Купченко, 1976; Юдин, 2023).

Карадагский природный заповедник создан по Постановлению Совета Министров УССР № 386 9 августа 1979 г. Затем в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2018 г. № 1091 он отнесен к ведению Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Заповедник расположен в восточной части Крымского полуострова, между поселками Коктебель и Курортное, и является одним из центров сохранения биологического разнообразия флоры и фауны морских сообществ (Копий, 2024).

На территории заповедника уже более 100 лет проводятся исследования сообществ макробентоса различных биотопов, в том числе и твердых субстратов (Болтачева и др., 2010, 2015; Гринцов, 2018; Гринцов и др., 2005; Ковалева и др., 2014; Копий, 2019, 2024; Макаров, 2006; Мурина и др., 2004; Синегуб, 2004; Шаронов, 1952).

Бентосные организмы очень разнообразны по таксономическому составу, они представляют собой одно из важнейших звеньев трофических цепей в море и заселяют практически все донные биотопы. В Черном море большую часть шельфа (90%) занимают рыхлые грунты (Киселева, 1981). Твердые субстраты, в том числе скальные поверхности, распространены в меньшей мере. У черноморского побережья Крыма они простираются узкой полосой в районе мыса Тарханкут

на Северо-Западе и затем от г. Севастополя на юго-западе вдоль южного побережья до массива магматического происхождения Карадаг на юго-востоке в открытых воздействиях прибрежных районов. Также с твердых субстратов относительно сложно отбирать пробы. В связи с этим фауна обрастаний естественных твердых поверхностей к настоящему времени исследована по-прежнему недостаточно. Поэтому в 2021–2022 гг. нами были продолжены исследования макрозообентоса естественных твердых субстратов в данном районе.

Цель работы – исследовать современное состояние макрозообентоса на скалах Карадага.

Материалы и методы

В основу работы положены материалы бентосных съемок, выполненных в летний сезон 2021 и 2022 гг. на скалах Карадага (Юго-Восточный Крым): Кузьмичёв камень, Иван Разбойник, Золотые ворота, Лев, Маяк, в бухтах Барахты и Сердоликовая (Рис. 1).

Отбор проб перифитона осуществляли на глубинах 0, 1, 2, 5 м с помощью рамки, обшитой мельничным газом с площадью захвата 0.04 м² (Копий, 2024). Материал отбирали в двух повторностях. Всего на исследованных участках собрано 66 проб (в 2021 г. – 26, в 2022 г. – 40 проб). Сбор десятиногих ракообразных осуществляли ручным способом. После таксономической идентификации особей декапод без повреждений возвращали в естественную среду обитания.

Собранный материал фиксировали в 4% нейтрализованном формальдегиде, затем в лабораторных условиях промывали через сито с диаметром ячеек 0.5 мм. В пробе подсчитывали количество особей каждого вида и определяли сырой вес на торсионных весах 3-го класса с точностью до 0.001 г и максимальным разрешением от 250 до 1000 мг, более мелкие экземпляры – на торсионных весах 3-го класса «AXIS» с точностью до 0.0005 г и максимальным разрешением 50 г (Копий, 2024).

Видовую идентификацию и выделение трофических групп осуществляли с помощью литературных источников (Грезе, 1985; Гринцов, 2022; Киселева, 1981, 2004; Определитель фауны..., 1972; Чухчин, 1984; Grintsov and Sezgin, 2011). Таксономическая принадлежность приводилась в соответствии с базой данных WORMS¹.

При описании количественного развития макрозообентоса использовали показатели плотности (N , экз./м²), биомассы (B , г/м²) и индекса функционального обилия (ИФО), рассчитанного по формуле:

$$\text{ИФО} = N^{0.25} \times B^{0.75},$$

где N – плотность вида, B – биомасса вида (Семкин и Горшков 2010).

Ранжированная кривая доминирования-разнообразия видов строилась по расчетным значениям индексов плотности (ИП) видов:

$$\text{ИП} = \text{ИФО} \times P,$$

где P – встречаемость вида.

Для средней плотности и средней биомассы макрозообентоса приведен доверительный интервал (Холодов, 2016).

Встречаемость видов (P) определяли по формуле (Одум, 1986):

$$P = \frac{m}{n} 100\% ,$$

где m – число станций, на которых был встречен вид, n – общее число станций.

При анализе видового разнообразия применялся индексный подход. Доминирование видов анализировали с помощью индекса Симпсона (Simpson 1-D), биоразнообразие – по индексу Шеннона (Shannon H, Shannon (exp)H), рассчитанному на основании плотности, видовое богатство –

¹ WoRMS Editorial Board. 2025. World Register of Marine Species. Электронный ресурс. URL: <https://www.marinespecies.org/> (дата обращения: 22.01.2025).



Рис. 1. Карта-схема районов исследований: 1 – скала Кузьмичёв камень, 2 – скала Иван Разбойник, 3 – скала Золотые ворота, 4 – скала Лев, 5 – скала Маяк, 6 – бухта Барахта, 7А – Южная Сердоликовая бухта, 7В – Средняя Сердоликовая бухта, 7С – Северная Сердоликовая бухта.

по индексу Таха S. Для оценки сходства фаун в двух сравниваемых списках использовали индекс Серенсена (i) (Одум, 1986):

$$i = \frac{2a}{b+c},$$

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

Для сравнения плотности видов на единицу площади и выровненности относительного распределения особей построена кривая доминирования-разнообразия, на которой ось абсцисс – ранжированный ряд от самого многочисленного вида к самому малочисленному, а ось ординат – накопленный процент численности видов (Whittaker, 1972).

Для оценки стресса, испытываемого сообществом, применили ABC-метод (Warwick, 1986). Оценку ожидаемого числа видов проводили с помощью алгоритма экстраполяции видового богатства Chao-2 (Chao, 1987). Математическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 16, PAST 3.5. и BioDiversity Pro.

Результаты и обсуждение

В прибрежной акватории Карадага в биотопах обрастаний идентифицировано 106 видов макрозообентоса, включающих Polychaeta (38 видов), Crustacea (43), Mollusca (18), Pantopoda (2) и неидентифицированные до вида представители таксонов Acari, Ascidiidae, Platyhelminthes, Nemertea и Actiniidae (Табл. 1).

Наибольшее количество видов макрозообентоса зарегистрировано для скалы Золотые ворота (77), наименьшее – для скалы Кузьмичёв камень (48).

Средняя плотность и биомасса макрозообентоса района исследований составила 35355 ± 9958 экз./м² и 2678.38 ± 909.73 г/м² соответственно.

Наибольшая плотность макрозообентоса ($54\,878$ экз./м²) зафиксирована в перифитоне скалы Маяк, наибольшая биомасса – в перифитоне скалы Лев (5712.62 г/м²). Наименьшая плотность макрозообентоса отмечена в обрастаниях скалы Иван Разбойник (13297 экз./м²), наименьшая биомасса – в перифитоне скалы Маяк (692.84 г/м²).

В обрастаниях скал в бухте Сердоликовой значительный вклад в общую плотность вносили ракообразные (54%), на остальных участках (от 49 до 86% общей плотности перифитона) – моллюски. Доля *Mytilaster lineatus* в общей плотности моллюсков составила от 49 до 82%. Основная роль в формировании биомассы на всех участках принадлежала моллюскам (98.3–99.7% общей биомассы).

Табл. 1. Видовой состав и количественные показатели макрозообентоса на скалах прибрежных вод Карадага. Над чертой указана средняя плотность вида (N), экз./м², под чертой – средняя биомасса вида (B), г/м²; «–» – таксон не обнаружен.

Таксон	Точка отбора проб						
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Баракта	Сердоликовая
PLATYHELMINTES (TURBELLARIA) gen. sp.	$\frac{75}{0.446}$	$\frac{56}{0.205}$	$\frac{79}{0.341}$	$\frac{50}{0.144}$	$\frac{94}{0.377}$	$\frac{66}{0.281}$	$\frac{40}{0.178}$
NEMERTEA gen. sp.	$\frac{67}{0.242}$	$\frac{34}{0.075}$	$\frac{34}{0.054}$	$\frac{22}{0.057}$	$\frac{39}{0.092}$	$\frac{6}{0.009}$	$\frac{48}{0.243}$
			ANNELIDA				
			Polychaeta				
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	–	$\frac{31}{0.538}$	$\frac{182}{4.452}$	$\frac{222}{5.864}$	$\frac{92}{1.883}$	–	$\frac{3}{0.038}$
<i>Amphiglena mediterranea</i> (Leydig, 1851)	–	–	$\frac{16}{0.014}$	–	$\frac{13}{0.004}$	–	–
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	$\frac{8}{0.004}$	–	$\frac{7}{0.006}$	$\frac{3}{0.001}$	$\frac{6}{0.003}$	–	$\frac{3}{0.0008}$
<i>Dorvillea rubrovittata</i> (Grube, 1855)	$\frac{25}{0.017}$	$\frac{16}{0.034}$	$\frac{45}{0.063}$	$\frac{6}{0.003}$	$\frac{6}{0.017}$	$\frac{3}{0.009}$	$\frac{5}{0.001}$
<i>Eulalia viridis</i> (Linnaeus, 1767)	$\frac{17}{0.021}$	$\frac{22}{0.022}$	$\frac{50}{0.025}$	$\frac{33}{0.024}$	$\frac{46}{0.029}$	$\frac{16}{0.021}$	$\frac{25}{0.037}$
<i>Eumida sanguinea</i> (Ørsted, 1843)	–	–	$\frac{16}{0.007}$	$\frac{6}{0.002}$	$\frac{29}{0.039}$	$\frac{16}{0.008}$	$\frac{10}{0.006}$
<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)	–	–	$\frac{2}{0.0005}$	–	–	–	–
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923)	–	–	–	$\frac{8}{0.009}$	$\frac{2}{0.013}$	–	–
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	$\frac{25}{0.083}$	$\frac{13}{0.008}$	$\frac{7}{0.035}$	$\frac{6}{0.005}$	$\frac{6}{0.006}$	$\frac{3}{0.002}$	$\frac{3}{0.001}$
<i>Haplosyllis spongicola</i> (Grube, 1855)	–	$\frac{3}{0.006}$	–	–	–	–	–
<i>Harmothoe extenuata</i> (Grube, 1840)	$\frac{17}{0.033}$	$\frac{6}{0.009}$	–	–	–	$\frac{6}{0.005}$	–
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	$\frac{5}{0.001}$	$\frac{6}{0.001}$	$\frac{6}{0.003}$	–	–
<i>Harmothoe impar</i> (Johnston, 1839)	–	–	$\frac{7}{0.003}$	$\frac{3}{0.011}$	$\frac{13}{0.012}$	–	–

Таксон	Точка отбора проб							
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Баракта	Сердоликовая	
<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	$\frac{125}{0.092}$	$\frac{88}{0.098}$	$\frac{70}{0.055}$	$\frac{36}{0.025}$	$\frac{79}{0.077}$	$\frac{25}{0.033}$	$\frac{23}{0.074}$	
<i>Lagis neapolitana</i> (Claparède, 1869)	$\frac{17}{0.021}$	–	$\frac{4}{0.011}$	–	$\frac{6}{0.003}$	–	–	
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	–	–	$\frac{2}{0.004}$	–	–	–	–	
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & H. Milne Edwards, 1833	$\frac{8}{0.083}$	$\frac{6}{0.059}$	$\frac{14}{0.338}$	$\frac{8}{0.1}$	$\frac{2}{0.008}$	$\frac{6}{0.047}$	$\frac{3}{0.015}$	
<i>Nematoneis unicornis</i> (Grube, 1840)	–	–	$\frac{7}{0.012}$	$\frac{5}{0.016}$	$\frac{4}{0.003}$	$\frac{3}{0.002}$	$\frac{13}{0.007}$	
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i> (Bush, 1905)	–	–	–	–	–	–	$\frac{5}{0.0005}$	
Nereididae	$\frac{175}{0.073}$	$\frac{288}{0.123}$	$\frac{323}{0.054}$	$\frac{306}{0.069}$	$\frac{185}{0.041}$	$\frac{266}{0.122}$	$\frac{723}{0.108}$	
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	$\frac{242}{3.133}$	$\frac{275}{2.484}$	$\frac{79}{1.025}$	$\frac{6}{0.22}$	$\frac{19}{0.435}$	$\frac{222}{2.477}$	$\frac{190}{2.786}$	
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	–	–	$\frac{2}{0.743}$	$\frac{11}{0.702}$	$\frac{2}{0.071}$	–	–	
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	$\frac{17}{0.054}$	$\frac{19}{0.02}$	$\frac{34}{0.024}$	$\frac{36}{0.023}$	$\frac{38}{0.024}$	$\frac{28}{0.021}$	$\frac{40}{0.018}$	
<i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767)	$\frac{8}{0.021}$	$\frac{9}{0.022}$	$\frac{11}{0.046}$	$\frac{8}{0.005}$	–	$\frac{3}{0.002}$	–	
<i>Phyllodoce mucosa</i> Örsted, 1843	–	$\frac{3}{0.016}$	$\frac{7}{0.036}$	$\frac{3}{0.018}$	$\frac{6}{0.011}$	$\frac{19}{0.006}$	$\frac{13}{0.002}$	
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	$\frac{8}{0.317}$	$\frac{13}{0.303}$	$\frac{41}{0.55}$	$\frac{42}{0.367}$	$\frac{56}{1.013}$	$\frac{59}{1.044}$	$\frac{65}{0.963}$	
<i>Polycirrus jubatus</i> Bobretzky, 1868	$\frac{8}{0.175}$	$\frac{3}{0.003}$	–	–	–	–	–	
<i>Polyophthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	$\frac{17}{0.042}$	$\frac{22}{0.013}$	$\frac{138}{0.137}$	$\frac{769}{0.457}$	$\frac{390}{0.243}$	$\frac{119}{0.027}$	$\frac{513}{0.251}$	
<i>Priospio cirrifera</i> Wirén, 1883	$\frac{25}{0.058}$	–	$\frac{27}{0.018}$	$\frac{11}{0.003}$	$\frac{13}{0.004}$	–	$\frac{8}{0.001}$	
<i>Protoarcia capsulifera</i> (Bobretzky, 1870)	–	–	–	–	–	–	$\frac{3}{0.0008}$	
<i>Salvatoria clavata</i> (Claparède, 1863)	$\frac{50}{0.004}$	$\frac{69}{0.008}$	$\frac{120}{0.008}$	$\frac{333}{0.008}$	$\frac{350}{0.025}$	$\frac{216}{0.009}$	$\frac{753}{0.031}$	

Таксон	Точка отбора проб							
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Баракта	Сердоликовая	
<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	–	–	<u>5</u> 0.005	–	<u>8</u> 0.008	–	–	
<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	<u>23</u> 0.04	<u>8</u> 0.03	–	–	<u>3</u> 0.005	
<i>Syllis hyalina</i> Grube, 1863	175 0.225	84 0.115	125 0.093	189 0.114	113 0.081	106 0.067	198 0.163	
<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840	83 0.071	25 0.014	107 0.124	69 0.05	152 0.093	94 0.026	25 0.008	
<i>Syllis prolifera</i> Krohn, 1852	125 0.096	13 0.019	55 0.051	114 0.056	192 0.139	25 0.022	125 0.089	
<i>Syllis variegata</i> Grube, 1860	–	<u>9</u> 0.008	<u>2</u> 0.001	<u>3</u> 0.005	<u>2</u> 0.002	<u>6</u> 0.003	<u>35</u> 0.029	
<i>Trypanosyllis zebra</i> (Grube, 1860)	–	<u>16</u> 0.017	<u>7</u> 0.005	<u>6</u> 0.002	<u>19</u> 0.022	<u>22</u> 0.03	<u>8</u> 0.009	
ВСЕГО	1175 4.623	1033 3.939	1540 7.986	2256 8.19	1855 4.312	1203 3.983	2795 4.644	
OLIGOCHAETA gen. sp.	233 0.023	78 0.009	86 0.013	39 0.004	165 0.018	163 0.016	243 0.026	
			MOLLUSCA					
			POLYPLACOPHORA (LORICATA)					
<i>Acanthochitona fascicularis</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	<u>7</u> 0.503	<u>9</u> 0.167	<u>6</u> 0.13	–	<u>5</u> 0.063	
<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	<u>8</u> 0.833	<u>3</u> 0.313	–	<u>7</u> 0.034	<u>8</u> 0.017	<u>16</u> 0.375	–	
			BIVALVIA					
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	–	–	<u>2</u> 0.179	–	–	–	–	
<i>Flexopecten glaber</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	<u>2</u> 0.002	–	–	
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1790)	<u>10 900</u> 2508.33	<u>7 134</u> 1421.88	<u>35 132</u> 3352.79	<u>17 098</u> 5647.27	<u>30 810</u> 614.583	<u>11 816</u> 1 268.75	<u>13 090</u> 746.075	
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)	<u>8</u> 4.167	<u>188</u> 1 978.13	<u>1716</u> 366.161	<u>11</u> 40.909	<u>69</u> 49.708	<u>16</u> 12.25	<u>15</u> 9.525	

Таксон	Точка отбора проб						
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Барахта	Сердоликовая
			GASTROPODA				
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	$\frac{8}{0.008}$	–	$\frac{100}{2.105}$	$\frac{102}{2.427}$	$\frac{75}{1.321}$	–	$\frac{139}{0.782}$
<i>Brachystomia eulimoides</i> (Hanley, 1844)	–	–	–	5	–	–	$\frac{203}{0.188}$
<i>Marshallora adversa</i> (Montagu, 1803)	$\frac{1633}{1.633}$	$\frac{1038}{0.788}$	$\frac{21}{0.027}$	84	506	–	–
<i>Parthenina indistincta</i> (Montagu, 1808)	–	–	$\frac{4}{0.004}$	–	$\frac{6}{0.006}$	–	$\frac{5}{0.013}$
<i>P. interstincta</i> (J. Adams, 1797)	$\frac{8}{0.008}$	–	$\frac{2}{0.002}$	$\frac{2}{0.002}$	$\frac{4}{0.004}$	–	$\frac{18}{0.018}$
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1779)	–	–	$\frac{11}{0.193}$	7	$\frac{31}{0.067}$	–	$\frac{6}{0.055}$
<i>R. splendida</i> (Eichwald, 1830)	–	3	71	39	208	–	535
<i>R. venusta</i> R.A. Philippi, 1844	–	0.125	1.036	0.384	2.308	–	1.275
<i>Setia valvatoides</i> Milaschewitsch, 1909	–	–	$\frac{2}{0.002}$	–	$\frac{2}{0.002}$	–	$\frac{3}{0.005}$
<i>Steromphala adriatica</i> (R.A. Philippi, 1844)	$\frac{8}{0.05}$	–	–	$\frac{5}{0.005}$	–	–	–
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	$\frac{225}{4.783}$	$\frac{1238}{11.316}$	$\frac{175}{5.838}$	$\frac{170}{6.155}$	$\frac{381}{12.656}$	–	$\frac{155}{1.003}$
<i>Tritia neritea</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	$\frac{2}{0.107}$	–	–	–	$\frac{2}{0.045}$
ВСЕГО	12798 2519.81	9604 3412.55	37245 3728.95	17541 5697.5	32108 681.31	11848 1281.38	15134 763.50
			ARTHROPODA				
Acar	$\frac{133}{0.001}$	$\frac{63}{0.0009}$	$\frac{52}{0.0007}$	$\frac{130}{0.003}$	$\frac{246}{0.006}$	$\frac{100}{0.001}$	$\frac{263}{0.005}$
			PANTOPODA				
<i>Anopodactylus petiolatus</i> (Krøyer, 1844)	–	–	–	–	–	–	$\frac{3}{0.001}$
<i>Tanytulum conirostre</i> (Dohrn, 1881)	58	50	11	70	35	97	43
	0.022	0.022	0.005	0.029	0.015	0.065	0.015

Таксон	Точка отбора проб						
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Барахта	Сердоликовая
	CRUSTACEA						
	Amphipoda						
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	33 0.028	122 0.065	1014 0.33	1611 1.13	1242 0.642	516 0.214	1940 0.919
<i>Apherusa bispinosa</i> (Spence Bate, 1857)	–	41 0.016	64 0.023	111 0.027	165 0.039	188 0.055	773 0.22
<i>Apothyale perieri</i> (Lucas, 1846)	–	–	73 0.067	241 0.138	–	–	140 0.117
<i>Biancolina algicola</i> Della Valle, 1893	83 0.013	84 0.012	13 0.003	14 0.002	67 0.014	297 0.04	383 0.052
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	42 0.007	194 0.02	216 0.027	452 0.064	5213 0.571	703 0.096	5833 0.867
<i>Caprella liparotensis</i> Haller, 1879	25 0.006	434 0.053	338 0.117	143 0.031	5094 0.788	4763 0.56	1330 0.146
<i>Caprella mitis</i> Mayer, 1890	–	–	–	–	–	9 0.002	–
<i>Colomastix pusilla</i> Grube, 1861	–	–	–	–	2 0.0001	–	–
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	25 0.003	6 0.004	54 0.032	286 0.134	206 0.124	56 0.036	218 0.073
<i>Erichthonius difformis</i> M.-Edwards, 1830	–	–	–	5 0.001	15 0.002	3 0.001	145 0.03
<i>Hyale pontica</i> Rathke, 1836	–	3 0.001	–	14 0.007	–	19 0.011	20 0.01
<i>Microdeutopus</i> sp.	42 0.003	13 0.002	57 0.013	11 0.002	19 0.005	47 0.008	18 0.006
<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	8 0.026	–	–	–	2 0.0002	3 0.0006	10 0.014
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> A. Costa, 1853	–	25 0.006	263 0.063	489 0.098	400 0.105	134 0.026	1178 0.276
<i>Microdeutopus versiculatus</i> (Spence Bate, 1857)	–	–	–	–	2 0.001	–	18 0.003
<i>Monocorophium acherusicum</i> (A. Costa, 1853)	–	–	2 0.0002	–	2 0.0002	–	3 0.0003

Таксон	Точка отбора проб							
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Барахта	Сердоликовая	
<i>Pleonexes helleri</i> (Karaman, 1975)	–	–	$\frac{61}{0.063}$	$\frac{280}{0.357}$	$\frac{202}{0.204}$	$\frac{72}{0.033}$	$\frac{198}{0.245}$	
<i>Plumulojassa ocia</i> (Spence Bate, 1862)	$\frac{42}{0.003}$	$\frac{397}{0.059}$	$\frac{27}{0.004}$	$\frac{148}{0.023}$	$\frac{1525}{0.3}$	$\frac{394}{0.056}$	$\frac{763}{0.104}$	
<i>Protohyale (Protohyale) schmidtii</i> (Heller, 1866)	192 0.336	128 0.11	71 0.054	1352 1.512	2398 2.67	625 0.466	1498 1.444	
<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1813)	100 0.008	688 0.053	1154 0.082	1709 0.108	2796 0.252	2753 0.196	5488 0.374	
			Decapoda					
<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1814)	$\frac{8}{0.004}$	$\frac{22}{0.014}$	$\frac{9}{0.081}$	$\frac{34}{0.028}$	$\frac{6}{0.012}$	$\frac{6}{0.003}$	$\frac{48}{0.046}$	
<i>Cilbanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	–	–	–	–	–	$\frac{3}{2.781}$	–	
Decapoda juv.	–	9 0.004	–	–	–	–	–	
<i>Diogenes pugilator</i> (P. Roux, 1829)	–	–	–	7 0.115	–	–	–	
<i>Hippolyte leptocerus</i> (Heller, 1863)	–	$\frac{6}{0.029}$	–	–	–	$\frac{6}{0.018}$	$\frac{35}{0.228}$	
<i>Macropodia czernjawszkii</i> (Brandt, 1880)	–	–	$\frac{4}{0.092}$	–	–	–	–	
<i>Palaemon elegans</i> Rathke, 1836	–	–	–	$\frac{2}{0.008}$	–	–	–	
<i>Pilumnus spinulosus</i> Kessler, 1861	17 0.733	28 2.428	43 2.739	20 0.654	–	19 0.397	13 0.966	
<i>Pisidia bluteli</i> (Risso, 1816)	142 2.054	88 1.327	102 2.453	80 1.64	35 0.532	81 0.845	80 0.869	
<i>Processa edulis</i> (Risso, 1816)	–	$\frac{6}{0.275}$	$\frac{13}{0.479}$	–	–	–	–	
			Tanaidacea (Anisopoda)					
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	$\frac{8}{0.0004}$	$\frac{41}{0.007}$	$\frac{105}{0.026}$	$\frac{114}{0.023}$	$\frac{610}{0.123}$	$\frac{41}{0.005}$	$\frac{1360}{0.211}$	
<i>Tanais dilongii</i> (Audouin, 1826)	–	–	$\frac{2}{0.0004}$	–	$\frac{6}{0.005}$	–	–	

Таксон	Точка отбора проб						
	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Барахта	Сердоликовая
<i>Cumella (Cumella) pygmaea</i> G.O. Sars, 1865	–	–	–	–	–	–	$\frac{8}{0.0008}$
<i>Nannastacus euxinicus</i> Băcescu, 1951	–	–	16 0.002	30 0.004	48 0.005	–	$\frac{78}{0.01}$
<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)	42 0.099	38 0.065	48 0.071	359 0.469	169 0.257	44 0.118	$\frac{333}{0.47}$
<i>Elaphognathia bacescoi</i> (Kussakin, 1969)	–	–	–	–	–	–	$\frac{3}{0.0005}$
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	–	–	–	–	$\frac{2}{0.001}$	$\frac{6}{0.007}$	$\frac{8}{0.002}$
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	–	–	$\frac{2}{0.0005}$	–	–	$\frac{6}{0.01}$	$\frac{23}{0.131}$
<i>Mysida</i> gen. sp.	–	–	$\frac{2}{0.001}$	–	$\frac{6}{0.004}$	–	$\frac{3}{0.006}$
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	–	$\frac{3}{0.027}$	$\frac{2}{0.015}$	5 0.138	–	3 0.019	$\frac{38}{0.792}$
CHIRONOMIDAE LARVAE gen. sp.	–	$\frac{3}{0.002}$	–	19 0.002	25 0.003	–	$\frac{43}{0.008}$
Copepoda gen. sp.	–	–	$\frac{25}{0.00005}$	63 0.00012	103 0.00023	–	–
Ostracoda gen. sp.	–	–	–	$\frac{38}{0.00525}$	–	–	–
ВСЕГО	$\frac{809}{3.32}$	$\frac{2379}{4.58}$	$\frac{3780}{6.84}$	$\frac{7637}{6.72}$	$\frac{20360}{6.67}$	$\frac{10797}{6.004}$	$\frac{22029}{8.64}$
Actiniidae	83 0.142	3 0.003	21 0.013	25 0.014	104 0.048	13 0.006	–
ИТОГО	$\frac{15431 \pm 9983}{2528.63 \pm 2489}$	$\frac{13300 \pm 1103}{3421.38 \pm 2637}$	$\frac{42848 \pm 31206}{3744.2 \pm 1880.86}$	$\frac{27770 \pm 9066}{5712.6 \pm 3627.}$	$\frac{55006 \pm 32341}{692.84 \pm 492.4}$	$\frac{24293 \pm 19261}{1291.74 \pm 1073.8}$	$\frac{40395 \pm 17420}{777.067 \pm 406.1}$

Анализ индексов биоразнообразия показал следующие результаты: наибольшим видовым богатством и разнообразием макрозообентоса отличались Скалы Золотые ворота, Маяк и бухта Седоликовая. Наименьшее количество обнаруженных видов, а также плотность и биомасса особей каждого вида отмечалось в перифитоне скалы Иван Разбойник (Рис. 2).

На всем исследуемом полигоне на основании ИФО, который является прямым оценочным эквивалентом энергетической роли гидробионтов, выделено сообщество *M. lineatus*.

Вклад каждой группы гидробионтов в видовой состав и количественные показатели различен (Табл. 1).

Класс Polychaeta представлен 38 видами, относящимися к 17 семействам. Наиболее разнообразный видовой состав полихет отмечен в семействах Syllidae – 7 видов, Nereididae и Phyllococidae – по 5 видов.

Средние значения плотности и биомассы полихет в исследуемом районе составляют соответственно 1693 экз./м² и 5.38 г/м². Значительный вклад в общую плотность макрозообентоса внес *Polyopthalmus pictus* (34%), в общую биомассу – крупная полихета *Alitta succinea* (71.8%). Для всех зарегистрированных полихет характерно обитание в прибрежной зоне на различных субстратах и среди зарослей макрофитов (Киселева, 2004)

Среди Polychaeta выявлены руководящие виды (встречаемость > 50%) (Воробьев, 1949): *Eulalia viridis*, *Harmothoe reticulata*, *Nereis zonata*, *Pholoe inornata*, *Phyllococe mucosa*, *Platynereis dumerilii*, *P. pictus*, *Salvatoria clavata*, *Syllis hyalina*, *Syllis gracilis*, *Syllis prolifera* (Копий, 2024). Для всех этих видов характерно обитание в прибрежной зоне среди водорослей, на обрастаниях, щетках мидий и митилястера (Киселева, 2004). К редким видам (встречаемость < 25%) относились 17 видов полихет: *Amphiglena mediterranea*, *Capitella capitata*, *Fabricia stellaris*, *Ficopomatus enigmaticus*, *Haplosyllis spongicola*, *Harmothoe extenuata*, *Harmothoe imbricata*, *Harmothoe impar*, *Lagis neapolitana*, *Leiochone leiopygos*, *Neodexiospira pseudocorrugata*, *Perinereis cultrifera*, *Phyllococe maculata*, *Polycirrus jubatus*, *Protoaricia capsulifera*, *Schistomeringos rudolphi*, *Spirobranchus triqueter* (Копий, 2024).

Лишь 13 видов полихет отмечены на всех скалах. Пять видов полихет – *F. stellaris*, *L. leiopygos* (Золотые ворота), *N. pseudocorrugata*, *P. capsulifera* (бухта Сердоликовая) и *H. spongicola* (Иван Разбойник) – зарегистрированы на полигоне только в одной бентосной пробе. *N. pseudocorrugata* встречена в количестве 2 экземпляров, остальные полихеты – по одному экземпляру (Копий, 2024).

Amphiglena mediterranea – редкий вид, который в августе 2015 г. был зарегистрирован на глубине 1.5 м вдоль побережья Румынии (Surugiua and Cara, 2020). Данный вид не был указан в списке видов полихет Карадага (Мурина и др., 2004). В наших пробах *A. mediterranea* встречен в обрастаниях скалы Золотые ворота на глубине 1 м (3 экз.), 5 м (6 экз.) и скалы Маяк на глубине 1 м. (6 экз.).

Protoaricia capsulifera – редкий вид, единичные экземпляры которого были отмечены Н.В. Бобрецким и С.А. Зерновым в песке Севастопольской бухты (Киселева, 2004). В списке видов полихет Карадага (Болтачева и др., 2015; Мазлумян и др., 2009; Мурина и др., 2004; Ревков и др., 2015) данный вид отсутствует. В наших пробах единичный экземпляр *P. capsulifera* встречен в бухте Сердоликовой на глубине 1 м.

Ракообразные представлены 43 видами, относящимися к 31 семейству. Наибольшее количество видов отмечено в семействах Caprellidae и Hyalidae – по 3 вида, остальные семейства представлены двумя или одним видом.

Отряд Decapoda в наших количественных пробах представлен 9 видами. Это объясняется тем, что представители данного отряда очень подвижны и редко попадают в сборы, проводимые с помощью бентосных рамок. Дополнительную информацию об этих животных дали визуальные наблюдения, в результате которых список Decapoda пополнился 8 видами: *Palaemon adspersus* Rathke 1836, *Polybius depurator* (Linnaeus, 1758), *Polybius vernalis* (Risso, 1827), *Carcinus aestuarii* Nardo, 1847, *Brachynotus sexdentatus* Risso, 1827, *Eriphia verrucosa* (Forskål, 1775), *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1793), *Xantho poressa* (Olivi, 1792). Таким образом, количество видов Malacostraca увеличилось до 51.

Средние значения плотности и биомассы ракообразных в исследуемом районе составляли соответственно 9646 экз./м² и 5.96 г/м². Наибольший вклад в общую плотность внесли разноногие ракообразные (Amphipoda) *Stenothoe monoculoides* (21.8%), в общую биомассу – десятиногие ракообразные (Decapoda) *Pisidia bluteli* (23.3%). Amphipoda внесли значительный вклад в общую плотность и биомассу Arthropoda (92 и 44% соответственно). Среди членистоногих выявлены руководящие виды: Amphipoda – *Ampithoe ramondi*, *Apherusa bispinosa*, *Biancolina algicola*, *Caprella acanthifera*,

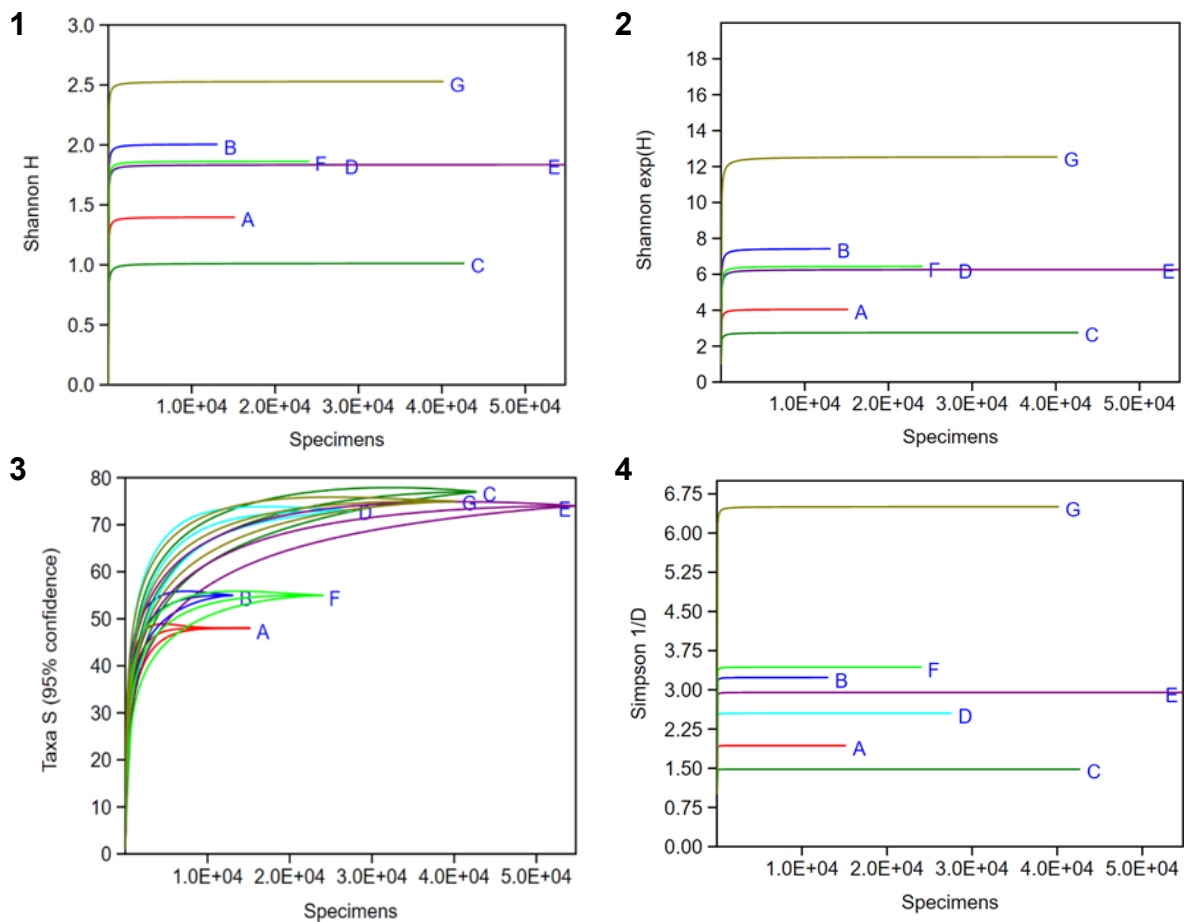


Рис. 2. Изменение индексов разнообразия и видового богатства: 1 – индекс Shannon H, 2 – индекс Shannon (exp) H, 3 – индекс Taxa S, 4 – индекс Simpson (1-D) для сообществ бентоса с разных полигонов (точек сбора) А – Кузьмичёв камень, В – Иван Разбойник, С – Золотые ворота, D – Лев, Е – Маяк, F – бухта Барахта, G – бухта Сердоликовая.

Caprella liparotensis, *Dexamine spinosa*, *Microdeutopus gryllotalpa*, *Pleonexes helleri*, *Plumulojassa ocia*, *Protohyale schmidtii*, *S. monoculoides*; Decapoda – *Athanas nitescens*, *Pilumnus spinulosus*, *P. bluteli*; Anisopoda – *Chondrochelia savignyi*; Isopoda – *Dynamene bidentata*.

К редким видам относились 20 видов ракообразных: Amphipoda – *Apoehyale perieri*, *Caprella mitis*, *Colomastix pusilla*, *Hyale pontica*, *Melita palmata*, *Microdeutopus versiculatus*, *Monocorophium acherusicum*; Decapoda – *Clibanarius erythropus*, Decapoda juv., *Diogenes pugilator*, *Hippolyte leptocerus*, *Macropodia czernjawska*, *Palaemon elegans*, *Processa edulis*; Cumacea – *Cumella pygmaea*, Isopoda – *Elaphognathia bacescoi*, *Idotea balthica*, *Stenosoma capito*; Mysidacea – *Mysida* gen. sp.; Anisopoda: *Tanais dulongii* (Бондаренко и Тимофеев, 2023).

Тринадцать видов ракообразных отмечены на всех скалах (Бондаренко и Тимофеев, 2023). Восемь видов ракообразных, среди которых Amphipoda – *C. mitis* (бухта Барахта), *C. pusilla* (скала Маяк), Decapoda – *C. erythropus* (бухта Барахта), *D. pugilator* (скала Лев), *M. czernjawska* (Золотые ворота), *P. elegans* (скала Лев), Isopoda – *E. bacescoi* и Cumacea – *C. pygmaea* (бухта Сердоликовая) зарегистрированы на полигоне только в одной бентосной пробе. *M. czernjawska* встречается в количестве 5 экземпляров, *C. mitis*, *C. pygmaea*, *D. pugilator*, *P. elegans* – по 3 экземпляра, остальные ракообразные – по 1 экземпляру.

Выявлены два вида Decapoda, занесенных в Красную книгу Республики Крым (Красная книга..., 2015) и отмеченных на всех станциях исследования: *E. verrucosa* и *P. marmoratus* (Бондаренко и Тимофеев, 2023).

Eriphia verrucosa обычно встречается от уреза воды до глубины 40 м. В период размножения (май–июль) вид мигрирует на глубины до 1 м. *E. verrucosa* предпочитает каменисто-скальный грунт с зарослями водной растительности. Вид – полифаг, взрослые особи питаются различными мелкими моллюсками, рыбой, креветками и органическими остатками. Плодовитость достаточно высокая,

количество яиц в одной кладке может достигать 130 тысяч. Максимальный размер карапакса (длина 61.9 мм, ширина 75.9 мм, высота 34.8 мм) и масса (130 г) отмечены у самки в районе скалы Лев.

Pachygrapsus marmoratus – прибрежный вид, обитающий от уреза воды до глубины 10 м. Он встречается преимущественно на прибрежных скалах и камнях, предпочитая твердые грунты с водной растительностью. Вид является полифагом, питается водорослями, донными беспозвоночными и органическими остатками. Максимальный размер карапакса (длина 38.7 мм, ширина 42.8 мм, высота 16.8 мм) и масса (38.5 г) отмечены у самца в районе скалы Маяк.

Следует отметить появление в бентосных пробах 2021 г. трех видов Amphipoda: *C. pusilla*, *M. versiculatus*, *Monocorophium acherusicum*, а также Decapoda *P. edulis* и Anisopoda *T. dulongii* (Бондаренко и Тимофеев, 2023).

Mollusca представлены 18 видами (Polyplacophora (2 вида), Bivalvia (4) и Gastropoda (12)), относящимися к 12 семействам. Наибольшее количество видов отмечено в семействах Rissoidae (4 вида) и Pyramidellidae (3 вида), остальные семейства представлены двумя или одним видом. Моллюски рода *Rissoa* являются широко распространенными и эвритопными в Черном море (Чухчин, 1984). Виды, относящиеся к семейству Pyramidellidae (*Brachystomia eulimoides*, *Parthenina indistincta* и *Parthenina interstincta*) преимущественно обитают на твердых субстратах (Макаров, 2021).

Средние значения плотности и биомассы моллюсков в исследуемом районе составляют соответственно 19468 экз./м² и 2583.57 г/м². Вклад митиллид в общую плотность и биомассу наибольший – 94 и 99.6% соответственно.

Среди моллюсков отмечено три руководящих вида – двустворчатые моллюски *Mytilaster lineatus*, *Mytilus galloprovincialis* и гастропода *Rissoa splendida*, которая является широко распространенным, эвритопным и относительно многочисленным видом в Черном море, включая твердые естественные субстраты у побережья Крыма (Макаров и Ковалева, 2017; Чухчин, 1984). Встречаемость *M. lineatus* была высокой (80%), *M. galloprovincialis* и *R. splendida* встречены реже (51 и 54% соответственно). Максимальная плотность *M. lineatus* в пробе достигала 213875 экз./м², у *Tricolia pullus* намного ниже – 9100 экз./м². Остальные моллюски относились к редким видам, встречаемость которых была ниже 25%; они присутствовали в одной или двух пробах макрозообентоса.

На всех скалах обнаружены митиллиды *M. galloprovincialis* и *M. lineatus*. Два вида моллюсков – *Setia valvatoidea* (скала Лев) и гребешок *Flecopecten glaber* (скала Маяк) – зарегистрированы на полигоне только в одной бентосной пробе. *S. valvatoidea* встречена в количестве 2 экз. на глубине 1 м. Этот моллюск преимущественно предпочитает другие биотопы и для скал не характерен (Чухчин, 1984). Вид *F. glaber* встречен в единичном экземпляре на глубине 5 м. Этот вид включен в Красную книгу Республики Крым (Красная книга..., 2015).

Анализ данных по распределению гидробионтов по глубинам показал, что на всех полигонах по плотности доминировал *M. lineatus*. В бухте Барахта, на скалах Иван Разбойник и Золотые ворота наибольшая плотность макрозообентоса зарегистрирована на глубине 0 м, доля *M. lineatus* в общей плотности составила 56, 68 и 87% соответственно. На скалах Кузьмичёв камень, Лев, Маяк и в бухте Сердоликовой наибольшая плотность макрозообентоса зарегистрирована на глубине 1 м; доля *M. lineatus* составила 54, 58, 67 и 35% соответственно.

График ИП (Рис. 3) показал, что наибольшие значения индекса принадлежали двустворчатым моллюскам *M. lineatus* и *M. galloprovincialis*, которые обычно поселяются на скалах, каменистых и песчаных грунтах, среди обрастаний подводных сооружений и камней на глубинах от 0 до 70 м. Это эврибионтные виды, выживающие при температуре от +1 до 28 °С и изменении солёности от 3–4 до 30–35‰. Кроме этого, эти виды, обитающие в прибрежной зоне моря, способны выживать в условиях временной гипоксии и переносить наличие сероводорода (Варигин и Рыбалко, 2014; Карпевич, 1940; Копий и Бондаренко, 2020; Щербань и Вялова, 2001). Затем следует брюхоногий моллюск *T. pullus*, обитающий в биотопе скал, на макрофитах. Он обычно встречается от уреза воды до глубины 20 м. Данный вид не переносит недостаток кислорода, может выживать в условиях относительно высокого содержания хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов в грунте (Анистратенко и др., 2007; Голиков и Старобогатов, 1972; Ковалева и др., 2014; Копий и Бондаренко, 2020; Определитель фауны..., 1972; Тихонова и Алемов, 2012; Чухчин, 1984). Далее следуют амфипода *P. schmidtii* и декапода *P. bluteli*. Известно, что *P. schmidtii* является фитофагом и встречается в перифитоне и макрофитах на глубинах от 0 до 12 м (Гринцов, 2004, 2022). *Pisidia bluteli* – полифаг, встречается преимущественно на мелководье (до 40 м) под камнями, на песчаном грунте с водорослями, в расщелинах скал, на мидиевых биоценозах вдоль всего побережья Крымского полуострова. В прибрежных водах Крыма и Кавказа личинки этого

крабоида находили в планктоне с конца весны до начала осени при температуре воды 10–25 °С (Зернов, 1913; Косякина, 1936; Макаров, 2004). *P. bluteli* составляет большую долю в питании некоторых придонных видов рыб (Закутский, 1965).

Для оценки выровненности видов в сообществе построены графики доминирования-разнообразия макрозообентоса по его плотности и биомассе (Рис. 4А, В). Известно, что сообщество устойчиво, если в нем большое количество видов и высокая выравненность (Мазлумян и др., 2009). По графику видно, что кривая доминирования-разнообразия включает в себя большое количество видов, по плотности и биомассе доминирует всего один вид двустворчатых моллюсков – *M. lineatus*. Выявлены субдоминанты по плотности (разноногие раки *Stenothoe monoculoides*, *C. acanthifera* и *C. liparotensis*) и биомассе (двустворчатые моллюски *M. galloprovincialis*, брюхоногие моллюски *T. pullus*, многощетинковые черви *A. succinea* и *N. zonata*).

Выравненность видов низкая, а доминирование высокое, поэтому можно предположить, что в период исследования условия обитания для гидробионтов относительно неблагоприятные. В 2011–2012 гг. для сообщества скал Карадага условия обитания также были неблагоприятными (Ковалева и др., 2014).

Анализ фаунистического сходства видового состава макрозообентоса показал варьирование индекса Серенсена-Чекановского от 0.63 до 0.84, что свидетельствует о высокой степени сходства изученных местообитаний (Табл. 2).

Трофическая структура видового состава сообщества перифитона представлена полифагами (34 вида), фитофагами (21 вид), плотоядными (17 видов), детритофагами (10 видов), сестонофагами (5 видов) и 16 видами с неизвестным спектром питания (Рис. 5А, В).

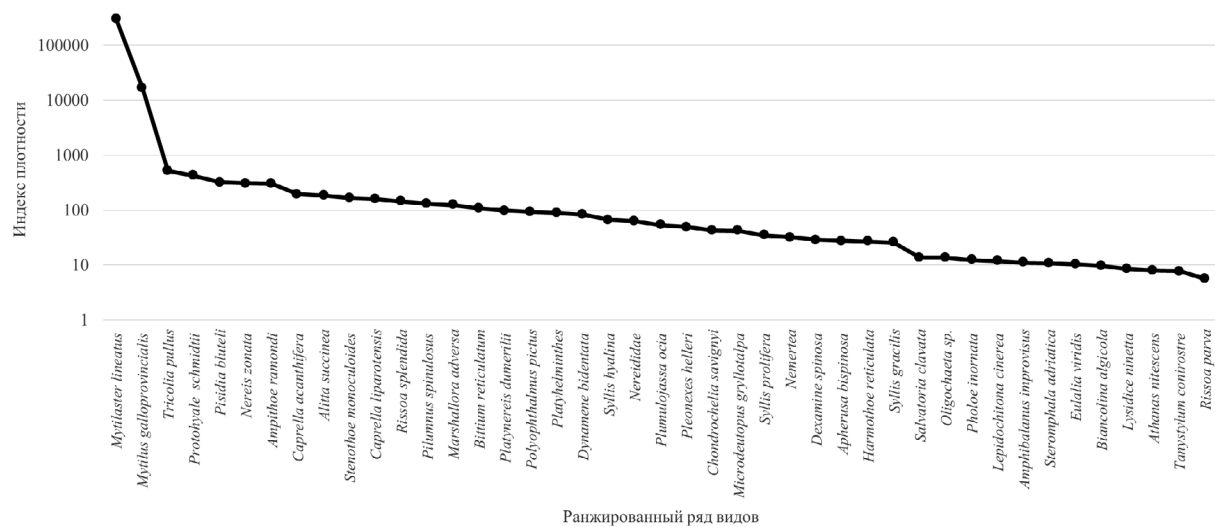


Рис. 3. Ранжированный ряд видов макрозообентоса по индексу плотности.

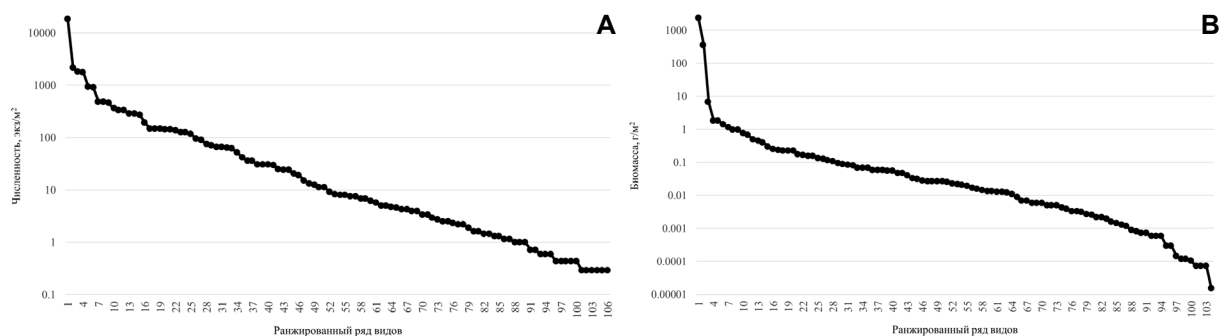
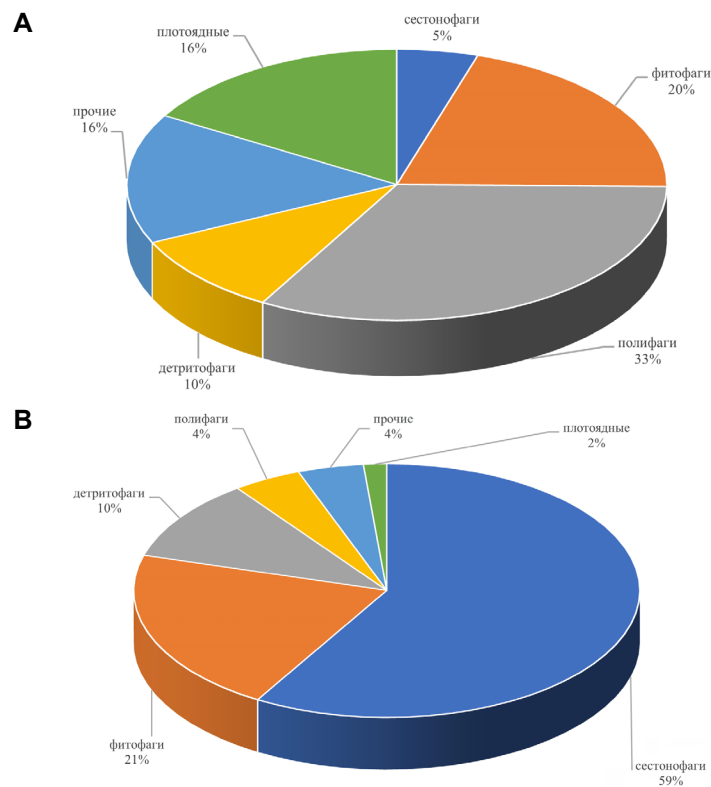


Рис. 4. Характер доминирования и разнообразия видов макрозообентоса на скалах Карадага в 2021–2022 гг. А – по численности, В – по биомассе.

Табл. 2. Сравнительный анализ видового состава макрозообентоса на скалах Карадага в 2021–2022 гг. по индексу Серенсена-Чекановского.

	Кузьмичёв камень	Иван Разбойник	Золотые ворота	Лев	Маяк	Барахта	Сердоли- ковая
Кузьмичёв камень	0	–	–	–	–	–	–
Иван Разбойник	0.78	0	–	–	–	–	–
Золотые ворота	0.64	0.69	0	–	–	–	–
Лев	0.74	0.77	0.81	0	–	–	–
Маяк	0.69	0.67	0.84	0.79	0	–	–
Барахта	0.75	0.71	0.68	0.73	0.71	0	–
Сердоли- ковая	0.63	0.69	0.78	0.81	0.78	0.73	0

**Рис. 5.** Трофическая структура видового состава макрозообентоса обростаний на скалах Карадага в 2021–2022 гг. **А** – по количеству видов, **В** – по плотности.

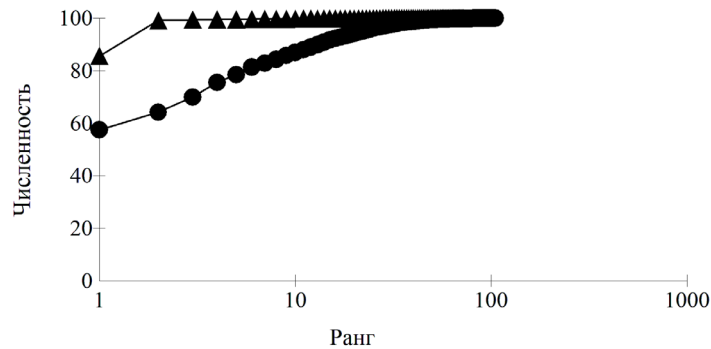


Рис. 6. Кривые К-доминирования численности (●) и биомассы (▲) для сообществ макрозообентоса на скалах Карадага в 2022–2023 гг.

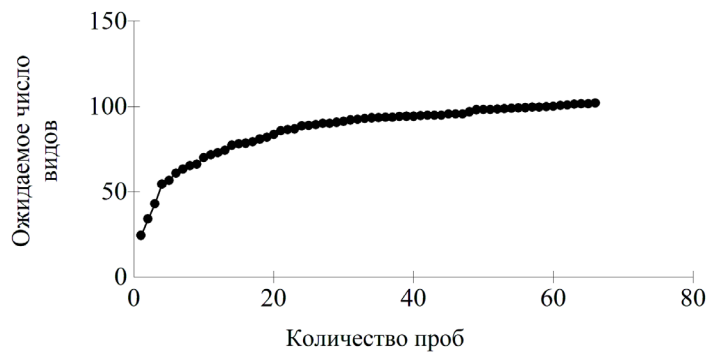


Рис. 7. Кумулятивная кривая ожидаемого числа видов макрозообентоса (S_{exp}) на скалах Карадага в 2022–2023 гг.

По количеству видов (Рис. 5А) преобладали полифаги. Среди них наибольшая доля (47%) принадлежала ракообразным, меньший вклад (35%) внесли полихеты. По плотности (Рис. 5В) преобладали сестонофаги, среди которых значительный вклад (98%) внес двустворчатый моллюск *M. lineatus*. По биомассе преобладали сестонофаги (99%), среди них лидировал *M. lineatus*, доля которого составила 86%. Вклад других групп в общую биомассу незначителен: фитофаги – 0.39%, полифаги – 0.33%, виды с неизвестным спектром питания – 0.05%, плотоядные – 0.02%, детритофаги – 0.02%.

Для определения изменений, произошедших в биотопе скал под влиянием факторов среды, нами построены кривые k -доминирования, соответствующие плотности и биомассе каждого вида (Рис. 6). На графике кривая биомассы расположена выше кривой плотности, т.е. сообщество более разнообразно по плотности, чем по биомассе. Следовательно, наблюдается преобладание k -стратегов, характерных для ненарушенного сообщества. Таким образом, можно предположить отсутствие экологического стресса для макрозообентоса перифитона в период проведения исследований (Мазлумян и др., 2009; Warwick, 1986).

Полноту полученных нами данных характеризует кривая накопленного числа видов (Рис. 7). Поскольку кривая постепенно возрастает, но не достигает горизонтальной асимптоты, есть возможность обнаружения в районе исследования новых видов.

Заключение

В обрастаниях скальных субстратов Карадага на глубине 0–5 м в 2021–2022 гг. обнаружено 106 видов макрозообентоса, включающих Polychaeta (38 видов), Crustacea (43), Mollusca (18), Pantopoda (2) и неидентифицированные до вида представители таксонов Acari, Ascidiidae, Platyhelminthes, Nemertea и Actiniidae.

Средняя плотность и биомасса макрозообентоса составила 35355 ± 9958 экз./м² и 2678.38 ± 909.73 г/м² соответственно. В перифитоне скалы Маяк зарегистрированы наибольшие значения плотности макрозообентоса (54878 экз./м²). Наибольшая биомасса отмечена в перифитоне ска-

лы Лев (5712.62 г/м²). В перифитоне скалы Сердоликовой значительный вклад в общую плотность внесли ракообразные (54%), на остальных участках – моллюски (от 49 до 86%).

Выявлены два вида десятиногих раков (*Eriphia verrucosa* и *Pachygrapsus marmoratus*), а также один вид двустворчатых моллюсков (*Flexopecten glaber*), занесенных в Красную книгу Республики Крым.

На всем исследуемом полигоне по индексу функционального обилия выделено сообщество *Mytilaster lineatus*. Выравненность видов в сообществе была низкой, с большим количеством видов, субдоминантами и одним доминантом.

Трофическая структура сообщества скал представлена полифагами, фитофагами, плотоядными, детритофагами, сестонофагами и видами с неизвестным спектром питания. По количеству видов преобладали полифаги, по плотности и биомассе – сестонофаги. Среди сестонофагов в общую плотность и биомассу значительный вклад (98 и 86% соответственно) внес *Mytilaster lineatus*.

Полученные результаты дают представление о видовом составе, количественных характеристиках макрозообентоса обрастаний скал Карадага и могут быть полезны для дальнейшего мониторинга этого района.

Список литературы

Анистратенко, В.В., Анистратенко, О.Ю., Костенко, Н.С., 2007–2008. Атлас моллюсков Карадага. Хитоны и брюхоногие. СОНАТ, Симферополь, Россия, 120 с.

Болтачева, Н.А., Ревков, Н.К., Бондаренко, Л.В., Макаров, М.В., Копий, В.Г., Тимофеев, В.А., Мазлумян, С.А., 2010. Макрозообентос акватории Карадагского природного заповедника. *Летопись Природы Карадага* 14, 150–174.

Болтачева, Н.А., Ковалева, М.А., Макаров, М.В., Бондаренко, Л.В., 2015. Многолетние изменения макрофауны скал в зоне верхней сублиторали у Карадага (Черное море). В: Гаевская, А.В., Морозова, А.Л. (ред.), *100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов*. Н. Оріанда, Симферополь, Россия, 530–548.

Бондаренко, Л.В., Тимофеев, В.А., 2023. Таксоцен Malacostraca скальных субстратов акватории Карадагского природного заповедника. *Экосистемы* 33, 7–20.

Варигин, А.Ю., Рыбалко, А.А., 2014. Межгодовая изменчивость макрозообентоса северной части Сухого лимана. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Біологія* 19 (2), 53–60.

Воробьев, В.П., 1949. Бентос Азовского моря. *Труды Азово-Черноморской научной рыбохозяйственной станции* 13, 1–193.

Грезе, И.И., 1985. Фауна Украины. Т. 26. Высшие ракообразные. Вып. 5. Бокоплавцы. Наукова думка, Киев, Украина, 72 с.

Гринцов, В.А., 2004. Отряд амфиподы, или разноногие раки (бокоплавцы). В: Морозова, А.Л., Гнубкин, Ф.И. (ред.), *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*. СОНАТ, Симферополь, Украина, 391–397.

Гринцов, В.А., 2018. Макрозообентос твердых естественных и искусственных субстратов. В: Костенко, Н.С. (ред.), *Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма*. АРИАЛ, Симферополь, Россия, 262–272. <https://doi.org/10.21072/978-5-907032-04-0>

Гринцов, В.А., 2022. Амфиподы Черного моря. ФИЦ ИнБЮМ, Севастополь, Россия, 475 с.

Гринцов, В.А., Мурина, В.В., Евстигнеева, И.К., 2005. Биоразнообразие и структура сообщества обрастания твердых субстратов Карадагского природного заповедника (Черное море). *Морской экологический журнал* 4 (3), 37–47.

- Закутский, В.П., 1965. Крабобид *Porcelena longimana* Risso как основной объект питания бычка-ратана в северо-западной части Черного моря. *Вопросы ихтиологии* 5, 579–583.
- Зернов, С.А., 1913. К вопросу об изучении жизни Черного моря. *Записки Императорской академии наук* 32 (1), 162.
- Карпевич, А.Ф., 1940. Влияние сероводорода на выживаемость *Mytilaster lineatus* и *Pontogammarus maoticus* Каспийского моря. *Зоологический журнал* 19 (6), 860–864.
- Киселева, М.И., 1981. Бентос рыхлых грунтов Черного моря. Наукова думка, Киев, Украина, 163 с.
- Киселева, М.И., 2004. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. Издательство Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия, 409 с.
- Ковалева, М.А., Болтачева, Н.А., Макаров, М.В., Бондаренко, Л.В., 2014. Обрастания естественных твердых субстратов (скал) акватории Карадагского природного заповедника. *Экосистемы, их оптимизация и охрана* 10, 77–81.
- Копий, В.Г., 2019. Полихеты обрастаний в прибрежных акваториях заповедников Крыма и Кавказа. *Биота и среда заповедных территорий* 2, 48–65.
- Копий, В.Г., 2024. Современное состояние и многолетние изменения таксоцены морских полихет Карадагского заповедника (Республика Крым, Российская Федерация). *Биота и среда природных территорий* 12 (1), 22–38.
- Копий, В.Г., Бондаренко, Л.В., 2020. Атлас обитателей псевдолиторали Азово–Черноморского побережья Крыма. ФИЦ ИнБЮМ, Севастополь, Россия, 120 с. <https://doi.org/10.21072/978-5-6044865-1-1>
- Косякина, Е.Г., 1936. Сезонная смена зоопланктона Новороссийской бухты. *Труды Новороссийской биологической станции* 1 (6), 14–19.
- Красная книга Республики Крым. Животные, 2015. Иванов, С.П., Фатерыга, А.В. (ред.). АРИАЛ, Симферополь, Россия, 440 с.
- Купченко, В.П., 1976. Кара-Даг: Путеводитель. 2-е издание, дополненное. Таврия, Симферополь, СССР, 81 с.
- Мазлумян, С.А., Болтачева, Н.А., Ревков, Н.К., 2009. Изменение разнообразия бентоса в биотопе песка в акватории Карадагского природного заповедника (Юго-Восточное побережье Крыма). В: Гаевская, А.В., Морозова, А.Л. (ред.), *Карадаг – 2009: сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины*. ЭКОСИ-Гидрофизика, Севастополь, Украина, 382–400.
- Макаров, М.В., 2006. Gastropoda на каменистых россыпях и скалах в акватории Крыма (Черное море). *Природничий альманах. Біологічні науки, випуск 8. Збірник наукових праць*. ПП Вишемерський, Херсон, Украина, 117–125.
- Макаров, М.В., 2021. Экологические особенности Pyramidellidae (Gastropoda, Mollusca) у побережий Крыма и Кавказа. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия* 7 (73) (4), 79–91.
- Макаров, М.В., Ковалева, М.А., 2017. Структура таксоцены Mollusca на естественных твердых субстратах в акваториях охраняемых районов Крыма. *Экосистемы* 9 (39), 20–24.

- Макаров, Ю.Н., 2004. Десятиногие ракообразные. Фауна Украины. Т. 26. Вып. 1–2. Наукова думка, Киев, Украина, 429 с.
- Мурина, В.В., Киселева, Г.А., Костенко, Н.С., 2004. Видовой состав и количественное развитие многощетинковых червей из сообщества обрастаний волнореза пос. Курортное (Карадаг). В: Морозова, А.Л., Гнубкин, В.Ф. (ред.), *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*. СОНАТ, Симферополь, Украина, 340–361.
- Одум, Ю., 1986. Экология. Мир, Москва, СССР, 376 с.
- Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 1–3, 1972. Мордухай-Болтовской, Ф.Д. (ред.). Наукова думка, Киев, Украина, 340–536.
- Ревков, Н.К., Болтачева, Н.А., Бондарев, И.П., Бондаренко, Л.В., Тимофеев, В.А., 2015. Состояние зооресурсов бентали глубоководной зоны шельфа Крыма после кризиса черноморской экосистемы второй половины XX века (по данным экспедиционных исследований 2010 г. на НИС "Профессор Водяницкий"). В: Гаевская, А.В., Морозова, А.Л. (ред.), *100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов*. Н. Оріанда, Симферополь, Россия, 549–571.
- Семкин, Б.И., Горшков, М.В., 2010. Об оценке сходства и различия в серии флористических и фитоценологических описаний. *Комаровские чтения* 57, 203–220.
- Синегуб, И.А., 2004. Макрофауна зоны верхней сублиторали скал в Черном море у Карадага. В: Морозова, А.Л., Гнубкин, В.Ф. (ред.), *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*. СОНАТ, Симферополь, Украина, 121–132.
- Тихонова, Е.А., Алемов, С.В., 2012. Характеристика донных осадков и макрозообентоса б. Казачья в первой декаде XXI века. *Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу* 26 (1), 88–94.
- Холодов, В.И., 2016. Планирование экспериментов в гидробиологических исследованиях. Н. Оріанда, Симферополь, Россия, 196 с.
- Чухчин, В.Д., 1984. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. Наукова Думка, Киев, Украина, 176 с.
- Шаронов, И.В., 1952. Фауна скал и каменистых россыпей у Карадага. *Труды Карадагской биологической станции* 12, 68–77.
- Щербань, С.А., Вялова, О.Ю., 2001. Влияние краткосрочной гипоксии на некоторые ростовые показатели черноморской мидии в условиях дефицита пищи. *Экология моря* 58, 57–59.
- Юдин, В.В., 2023. Геология Карадага в Крыму. Ч. 1. Общее строение. *Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология* 3, 130–151.
- Chao, A., 1987. Estimating the population-size for capturerecapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43 (4), 783–791. <https://doi.org/10.2307/2531532>
- Grintsov, V., Sezgin, M., 2011. Manual for identification of Amphipoda from the Black Sea. DigitPrint, Sevastopol, Ukraine, 151 p.

Surugiua, V., Capa, M., 2020. The occurrence of *Amphiglena mediterranea* (Leydig, 1851) (Annelida: Sabellidae) at the Romanian Coast of the Black Sea: A case on an unsuccessful invasion? *Russian Journal of Biological Invasions* **11** (3), 293–299. <https://doi.org/10.1134/S207511172003011X>

Warwick, R.M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic community. *Marine Biology* **92** (4), 557–562.

Whittaker, R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Tarpon* **21**, 213–251.

References

Anistratenko, V.V., Anistratenko, O.Yu., Kostenko, N.S., 2007 (2008). Atlas mollyuskov Karadaga. Khitony i bryukhonogiye [Atlas of Karadag Mollusca. Chitona and Gastropoda]. SONAT, Simferopol, Russia, 120 p. (In Russian).

Boltachova, N.A., Revkov, N.K., Bondarenko, L.V., Makarov, M.V., Kopyi, V.G., Timofeev, V.A., Mazlumyan, S. A., 2010. Makrozoobentos akvatorii Karadagskogo prirodnogo zapovednika [Macrozoobenthos of the aquatory of the Karadag Nature Reserve]. *Letopis' Prirody Karadaga [Chronicle of the Nature of Karadag]* **14**, 150–174. (In Russian).

Boltachova, N.A., Kovaleva, M.A., Makarov, M.V., Bondarenko, L.V., 2015. Mnogoletniye izmeneniya makrofauny skal v zone verkhney sublitorali u Karadaga (Chornoye more) [Macrofauna on the rocks long-term changes in the upper subtidal zone of Karadag (the Black Sea)]. In: Gayevskaya, A.V., Morozova, A.L. (eds.), *100 let Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo: sbornik nauchnykh trudov [100 years of the T.I. Vyazemsky's Karadag Scientific Station: issue of scientific papers]*. N. Orianda, Simferopol, Russia, 530–548. (In Russian).

Bondarenko, L.V., Timofeev, V.A., 2023. Taksotsen Malacostraca skal'nykh substratov akvatorii Karadagskogo prirodnogo zapovednika [Taxocene of the Malacostraca of rock substrates in the water area of Karadag Nature Reserve]. *Ekosistemy [Ecosystems]* **33**, 7–20. (In Russian).

Chao, A., 1987. Estimating the population-size for capturerecapture data with unequal catchability. *Biometrics* **43** (4), 783–791. <https://doi.org/10.2307/2531532>

Chukhchin, V.D., 1984. Ekologiya bryukhonogikh mollyuskov Chornogo morya [Ecology of gastropods of the Black Sea]. Naukova Dumka, Kiev, Ukraine, 176 p. (In Russian).

Greze, I.I., 1985. Fauna Ukrainy. Tom 26. Vysshieye rakoobraznyye. Vip. 5. Bokoplavy [Fauna of Ukraine. Amphipoda. Malacostracan crustaceans]. Naukova Dumka, Kiev, Ukraine, 72 p. (In Russian).

Grintsov, V.A., 2004. Otryad amfipody, ili raznongoye raki (bokoplavy) [Order Amphipoda, or Amphipods (Amphipoda)] In: Morozova, A.L., Gnyubkin, F.I. (eds.), *Karadag. Scientific works dedicated to 90th anniversary of T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station and 25th anniversary of Karadag Nature Reserve of Ukraine national Academy of Sciences. Book 2 [Karadag. Hydrobiological Research: A Collection of Scientific Papers Dedicated to the 90th Anniversary of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station and the 25th Anniversary of the Karadag Nature Reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine. Book 2]*. SONAT, Simferopol, Ukraine, 121–132. (In Russian).

Grintsov, V.A., 2018. Makrozoobentos tverdykh yestestvennykh i iskusstvennykh substratov [Macrozoobenthos of solid natural and artificial substrates]. In: Kostenko, N.S. (ed.), *Biologiya Chernogo morya na beregakh Yugo-Vostochnogo Kryma [The Biology of the Black Sea off shore area at the South-Eastern Crimea]*. ARIAL, Simferopol, Russia, 262–272. (In Russian). <https://doi.org/10.21072/978-5-907032-04-0>

Grintsov, V.A. 2022. Amfipody Chornogo morya [Amphipoda of the Black Sea.]. Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol, Russia, 476 p. (In Russian).

- Grintsov, V., Sezgin, M., 2011. Manual for identification of Amphipoda from the Black Sea. DigitPrint, Sevastopol, Ukraine, 151 p.
- Grintsov, V.A., Murina, V.V., Evstigneeva, I.K., 2005. Bioraznoobrazie i struktura soobshchestva obrastaniia tverdykh substratov Karadagskogo prirodnogo zapovednika (Chernoe more) [Biodiversity and structure of fouling community on the hard substrata of Karadag natural reservation (the Black Sea)]. *Morskoi ekologicheskii zhurnal [Marine Ecological Journal]* 4 (3), 37–47. (In Russian).
- Karpevich, A.F., 1940. Vliyaniye serovodoroda na vyzhivayemost' *Mytilaster lineatus* i *Pontogammarus maeoticus* Kaspiyskogo morya [Effect of hydrogen sulfide on the survival of *Mytilaster lineatus* and *Pontogammarus maeoticus* of the Caspian Sea]. *Zoologicheskii zhurnal [Zoological Journal]* 19 (6), 860–864. (In Russian).
- Kholodov, V.I., 2016. Planirovaniye eksperimentov v gidrobiologicheskikh issledovaniyakh [Planning of experiments in hydrobiological research]. N. Orianda, Simferopol, Russia, 196 p. (In Russian).
- Kiseleva, M.I., 1981. Bentos rykhlykh gruntov Chornogo morya [Soft-bottom benthos of the Black Sea]. Naukova Dumka, Kiev, Ukraine, 163 p. (In Russian).
- Kiseleva, M.I., 2004. Mnogoshchetinkovyye chervi (Polychaeta) Chornogo i Azovskogo morey [Polychaetes (Polychaeta) of the Azov and Black Seas]. Kola Science Centre Press of the RAS, Apatity, Russia, 409 p. (In Russian).
- Kopiy, V.G., 2019. Polikhety obrastaniy v pribrezhnykh akvatoriyakh zapovednikov Kryma i Kavkaza [Polychaetes of fouling substrates at the coastal marine reserves of the Crimea and the Caucasus]. *Biota i sreda zapovednykh territoriy [Biota and Environment of the Protected Areas]* 2, 48–65. (In Russian).
- Kopiy, V.G., 2024. Sovremennoye sostoyaniye i mnogoletniye izmeneniya taksotsena morskikh polikhety Karadagskogo zapovednika (Respublika Krym, Rossiyskaya Federatsiya) [Current state and long-term changes in the taxocene of marine polychaetes of the Karadag Nature Reserve (Republic of Crimea, Russian Federation)]. *Biota i sreda prirodnikh territoriy [Biota and Environment of Natural Areas]* 12 (1), 22–38. (In Russian).
- Kopiy, V.G., Bondarenko, L.V., 2020. Atlas obitateley psevdolitoral' Azovo-Chernomorskogo poberezh'ya Kryma [Atlas of the inhabitants of the pseudo-littoral of the Sea of Azov-Black Sea coast of Crimea]. Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol, Russia, 120 p. (In Russian). <https://doi.org/10.21072/978-5-6044865-1-1>
- Kosyakina, Ye.G., 1936. Sezonnaya smena zooplanktona Novorossiyskoy bukhty [Seasonal change of zooplankton of Novorossiysk Bay]. *Trudy Novorossiyskoy biologicheskoy stantsii [Proceedings of the Novorossiysk Biological Station]* 1 (6), 14–19. (In Russian).
- Kovaleva, M.A., Boltacheva, N.A., Makarov, M.V., Bondarenko, L.V., 2014. Obrastaniya yestestvennykh tverdykh substratov (skal) akvatorii Karadagskogo prirodnogo zapovednika [The fouling community on the natural hard substrata of Karadag Nature Reserve (the Black Sea)]. *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana [Optimization and Protection of Ecosystems]* 10, 77–81. (in Russian).
- Krasnaya kniga Respubliki Krym. Zhitovnyye [Red book of the Republic of Crimea. Animals], 2015. Ivanov, S.P., Fateryga, A.V. (eds.). ARIAL, Simferopol, Russia, 440 p. (In Russian).
- Kupchenko, V.P., 1976. Kara-Dag: Putevoditel' [Kara-Dag: Guidebook]. 2nd edition, supplemented. Tavriya, Simferopol', USSR, 81 p.
- Makarov, M.V. 2006. Gastropoda na kamenistykh rossypyakh i skalakh v akvatorii Kryma (Chernoye more) [Gastropoda on stony placers and rocks in the waters of Crimea (The Black Sea)]. *Yestestvennyy al'manakh. Biologicheskkiye nauki. Vipusk 8. Sbornik nauchnykh trudov [Nature Almanac. Biological*

- sciences. Issue 8. Proceeding of scientific papers]* Vyshemerskiy, Kherson, Ukraine, 117–125. (In Russian).
- Makarov, M.V., 2021. Ekologicheskiye osobennosti Pyramidellidae (Gastropoda, Mollusca) u poberezhnykh Kryma i Kavkaza [Ecological features of Pyramidellidae (Gastropoda, Mollusca) near the coasts of the Crimea and the Caucasus]. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry]* 7 (73) (4), 79–91. (In Russian).
- Makarov, M.V., Kovalyova, M.A., 2017. Struktura taksotsena Mollusca na yestestvennykh tvordykh substratakh v akvatoriyakh okhranyayemykh rayonov Kryma [The structure of taxon of molluscs on natural hard substrates in aquatorium of Crimean reserve areas]. *Ekosystemy [Ecosystems]* 9 (39), 20–24. (In Russian).
- Makarov, Yu.N., 2004. Desyatinogiye rakoobraznyye. Fauna Ukrainy. Tom 26. Vypusk 1–2 [Decapoda crustaceans. Fauna of Ukraine. Volume 26. Issue 1–2]. Naukova dumka, Kiev, Ukraine, 429 p. (In Russian).
- Mazlumyan, S.A., Boltachova, N.A., Revkov, N.K., 2009. Izmeneniye raznoobraziya bentosa v biotope peska v akvatorii Karadagskogo prirodnogo zapovednika (Yugo-Vostochnoye poberezh'ye Kryma) [Changes of benthos diversity in the sand biotope (south-eastern Crimea)]. In: Gaevskaya, A.V., Morozova, A.L. (eds.), *Karadag – 2009: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 95-letiyu Karadagskoy nauchnoy stantsii i 30-letiyu Karadagskogo prirodnogo zapovednika Natsional'noy akademii nauk Ukrainy [Karadag – 2009. Collection of scientific papers dedicated to the 95th anniversary of the Karadag Research Station and 30th anniversary of the Karadag Natural Reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine]*. ECOSI-Gidrofizika, Sevastopol, Ukraine, 382–400. (In Russian).
- Murina, V.V., Kiseleva, G.A., Kostenko, N.S., 2004. Vidovoy sostav i kolichestvennoye razvitiye mnogoshchetinkovykh chervey iz soobshchestva obrastaniy volnoreza pos. Kurortnoye (Karadag) [Species composition and quantitative development of polychaete worms from the fouling community of the breakwater of the village. Resort (Karadag)]. In: Morozova, A.L., Gnyubkin, V.F. (eds.), *Karadag. Hidrobiologicheskiye issledovaniya: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 90-letiyu Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo i 25-letiyu Karadagskogo prirodnogo zapovednika NAN Ukrainy. Kniga 2-ya [Karadag. Hydrobiological studies: Scientific works dedicated to 90th anniversary of T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station and 25th anniversary of Karadag Nature Reserve of Ukraine national Academy of Sciences. Book 2]*. SONAT, Simferopol, Ukraine, 340–361. (In Russian).
- Odum, Yu., 1986. *Ekologiya [Ecology]*. Mir, Moscow, Russia, 376 p. (In Russian).
- Opredelitel' fauny Chornogo i Azovskogo morey. Tom 1–3 [Identification guide of the fauna of the Black and Azov seas, Vol. 1–3], 1972. Mordukhay-Boltovskoy, F.D. (ed.). Naukova dumka, Kiev, Ukraine, 340–536. (In Russian).
- Revkov, N.K., Boltachova, N.A., Bondarev, I.P., Bondarenko, L.V., Timofeev, V.A., 2015. Sostoyaniye zoonosov bentali glubokovodnoy zony shel'fa Kryma posle krizisa chernomorskoy ekosistemy vtoroy poloviny XX veka (po dannym ekspeditsionnykh issledovaniy 2010 g. na NIS “Professor Vodyanitskiy”) [The state of animal resources benthic deep-sea zone Crimean shelf after the crisis of the Black Sea ecosystem in second-half of XX century (based on expeditionary research 2010 on the RV “Professor Vodyanitskiy”)]. In: Gayevskaya A.V., Morozova A.L. (eds.), *100 let Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo: sbornik nauchnykh trudov [100 years of the T.I. Vyazemsky's Karadag Scientific Station: collection of scientific papers]*. N. Orianda, Simferopol, Russia, 549–571. (In Russian).
- Semkin, B.I., Gorshkov, M.V., 2010. Ob otsenke skhodstva i razlichiya v serii floristicheskikh i fitotsenoticheskikh opisaniy [About estimation of similarity and dissimilarity in series of floristic and phytocenotic lists]. *Komarovskiye chteniya [Komarov Readings]* 57, 203–220. (In Russian).

- Sharonov, I.V., 1952. Fauna skal i kamenistyykh rossypey u Karadaga [Fauna of rocks and stony placers near Karadag]. *Trudy Karadagskoy biologicheskoy stantsii [Proceedings of Karadag Biological Station]* **12**, 68–77. (In Russian).
- Shcherban', S.A., Vyalova, O.Yu., 2001. Vliyaniye kratkosrochnoy gipoksii na nekotoryye rostovyye pokazateli chernomorskoy midii v usloviyakh defitsita pishchi [Influence of short-term hypoxia on some growth parameters of Black Sea mussels under the food deficit]. *Ekologiya morya [Ecology of the Sea]* **58**, 57–59. (In Russian).
- Sinegub, I.A. 2004. Makrofauna zony verkhney sublitorali skal v Chornom more u Karadaga. [Macrofauna of upper rocky sublittoral in the Black Sea near Karadag]. In: Morozova, A.L., Gnyubkin, V.F. (eds.), *Karadag. Gidrobiologicheskiye issledovaniya: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 90-letiyu Karadagskoy nauchnoy stantsii im. T.I. Vyazemskogo i 25-letiyu Karadagskogo prirodnogo zapovednika NAN Ukrainy. Kniga 2-ya [Karadag. Hydrobiological studies: Scientific works dedicated to 90th anniversary of T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station and 25th anniversary of Karadag Nature Reserve of Ukraine national Academy of Sciences. Book 2]*. SONAT, Simferopol, Ukraine, 121–132. (In Russian).
- Surugiua, V., Capa, M., 2020. The occurrence of *Amphiglena mediterranea* (Leydig, 1851) (Annelida: Sabellidae) at the Romanian Coast of the Black Sea: A case on an unsuccessful invasion? *Russian Journal of Biological Invasions* **11** (3), 293–299. <https://doi.org/10.1134/S207511172003011X>
- Tikhonova, E.A., Alemov, S.V., 2012. Kharakteristika donnykh osadkov i makrozoobentosa b. Kazach'ya v pervoy dekadke XXI veka. [Characteristic of bottom sediments and macrozoobenthos of Kazachya Bay in the first decade of 21 century]. *Ekolohichna bezpeka pryberezhnoyi ta shelf'ovoyi zon ta kompleksne vykorystannya resursiv shel'fu [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Development of Resources on the Shelf]* **26** (1), 88–94. (In Ukrainian).
- Varigin, A.Yu., Rybalko, A.A., 2014. Mezhhodovaya izmenchivost' makrozoobentosa severnoy chasti Sukhogo limana [Intergranular variability of macrozoobenthos of the Sukhoy Liman]. *Vestnik Odesskogo natsional'nogo universiteta Seriya: Biologiya [Bulletin of Odessa National University Biology Series]* **19** (2), 53–60. (In Russian).
- Vorobiev, V.P., 1949. Bentos Azovskogo morya [Benthos of the Sea of Azov]. *Trudy Azovo-Chernomorskoy nauchnoy rybokhozyaystvennoy stantsii [Proceedings of the Azov-Black Sea Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography]* **13**, 1–193. (In Russian).
- Warwick, R.M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic community. *Marine Biology* **92** (4), 557–562.
- Whittaker, R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Tarpon* **21**, 213–251.
- Yudin, V.V., 2023. Geologiya Karadaga v Krymu. Chast' 1. Obshcheye stroyeniye [Geology of Karadag in the Crimea. Part 1. General Construction]. *Uchenyye zapiski KFU im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry]* **3**, 130–151. (In Russian).
- Zakutskiy, V.P., 1965. Kraboid *Porcelena longimana* Risso kak osnovnoy ob'yekt pitaniya bychkaratana v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [The craboid *Porcelena longimana* Risso as the main food object of the goby rattan *Gobius rattan* Nord in the northwestern Black Sea]. *Voprosy ikhtologii [Questions of Ichthyology]* **5**, 579–583. (In Russian).
- Zernov, S.A., 1913. K voprosu ob izuchenii zhizni Chernogo morya [On the study of life in the Black Sea]. *Zapiski Imperatorskoy akademii nauk [Notes of the Imperial Academy of Sciences]* **32** (1), 162. (In Russian).