

УДК [574.587:59]-044.7/.8(282.247.345.05)

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ
УСТЬЯ РЕКИ ЧЕРНОЙ И ВЕРШИНЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ
(ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)**

Макаров М. В., Витер Т. В.

**ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия
E-mail: mihaliksevast@inbox.ru**

Впервые представлены данные о пространственном распределении макрозообентоса одновременно в устье реки Черной и вершине Севастопольской бухты в зависимости от солёности и во временном (сезонном) аспекте. Всего обнаружено 38 видов донной макрофауны, средняя численность составила 1376 экз. м⁻², средняя биомасса 55 г м⁻². По численности и встречаемости преобладает брюхоногий моллюск *Hydrobia acuta*, по биомассе двусторчатый моллюск *Cerastoderma glaucum*. С увеличением солёности количество видов и их численность увеличиваются, но биомасса уменьшается. Максимальные численность и биомасса приходятся на июнь и сентябрь соответственно, минимальные – наоборот (численность на сентябрь, а биомасса на июнь). Выделены сообщества моллюсков *Cerastoderma glaucum*–*Abra segmentum*, *Cerastoderma glaucum*, *Mytilaster lineatus*. Трофическая структура сообществ разнообразна и включает в себя 8 групп.

Ключевые слова: распределение, численность, биомасса, встречаемость, солёность, донная макрофауна, сообщества, трофическая структура, сезонная динамика,

ВВЕДЕНИЕ

Устье реки интересно тем, что в нем происходит смешение речных (пресных) и морских (солёных) вод. Если река в море впадает плавно, то создаются специфические эстуарные условия, где перемешивание речных и морских вод, а значит, и изменения солёности, происходят постепенно. Соответственно меняется и фауна, в частности, макрозообентос. В Юго-Западном Крыму (район Севастополя) в месте впадения реки Черная в вершинную часть Севастопольской бухты сформировался единственный на Крымском побережье Черного моря естественный эстуарий со специфическими условиями, прежде всего, гидрохимическими и своеобразным экотонном – переходом между биотами реки и моря. Эстуарий – полужамкнутый водный объект, являющийся частью устьевой области реки и характеризующийся активными процессами смешения речных и морских вод [1]. Севастопольская бухта является крупнейшей в Юго-Западном Крыму. Ее длина составляет 7,5 км, максимальная ширина 1 км. Бухта занимает площадь 7,96 км², максимальная глубина составляет 20 м. Река Черная – единственный постоянный водоток для бухты, основной океанографический фактор, влияющий на ее экологическое состояние [2]. Данная река является одной из наиболее многоводных

рек Крыма и в отличие от многих других рек полуострова практически никогда не пересыхает. Среднемесячный расход воды составляет в ней 1,82–1,94 м³/с [3, 4]. Протяженность реки 41 км, площадь водосбора 436 км². Она относится к типу рек с паводковым режимом. Основная часть стока (до 80 %) приходится на зиму и весну. Севастопольская бухта открыта только западным ветрам, которые могут образовывать сильные нагонные течения. Таким образом, степень ее водообмена определяется сгонно-нагонными явлениями и речным стоком, опресняющим вершину бухты [5]. Фактически морское устье реки Черной является Инкерманским лиманом – затопленной частью Инкерманской долины длиной 600 м. Его происхождение можно считать лиманно-бухтовым или бухтовым, антропогенно-измененным [6]. Исследования всего макрозообентоса в устье реки Черная ранее не проводили, тем более, в сезонном аспекте. Были изучения только одной группы бентоса – Mollusca [7]. В вершине Севастопольской бухты макрозообентос прежде (в июле 2001 г. и мае 2010 г.) исследовали, но на больших глубинах и в основном единоразово [8, 9]. В сезонном отношении донную макрофауну в кутовой части бухты немного изучали лишь в 2015–2016 гг., но на глубинах 2,5–8 м [10], а также отдельно моллюсков в 2006–2007 гг. и 2018–2019 гг. [7, 11]. Одновременных исследований макрозообентоса в устье реки Черная и вершине Севастопольской бухты до настоящего времени в сезонном аспекте и в целом не проводили.

Цель работы – исследование пространственных (от реки к бухте) и временных (по сезонам) изменений в макрозообентосе устья реки Черная и вершины Севастопольской бухты.

Задачи: определить видовой состав, рассчитать численность, биомассу и встречаемость макрозообентоса в данном районе; проанализировать распределение донной макрофауны от устья реки к вершине бухты по мере увеличения солености воды; изучить сезонную динамику численности и биомассы макрозообентоса; выделить сообщества, показать их выравненность и трофическую структуру.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район отбора проб располагался в Юго-Западном Крыму в окрестностях города Севастополя, где река Черная впадает в Севастопольскую бухту (рис. 1).

Материал собирали ручным дночерпателем площадью 0,04 м² с ноября 2019 г. по сентябрь 2020 г. в районе устья реки Черной и вершины Севастопольской бухты с глубины 0,1 м на рыхлых грунтах с примесью камней на трех станциях в двух повторностях. Всего отобрано 24 количественные пробы (по 8 на каждой станции в разные месяцы). Станция 1 расположена в низовье реки Черной (44°35'59,9"N; 33°36'23,5"E). Грунт на ней илистый. Выражены сгонно-нагонные явления (примерно каждые 15 минут уровень воды в реке менялся – вода то наступала на берег, то отступала от него на несколько м). Станция 2 находится в морском устье данной реки, примерно в 400–500 м западнее станции 1, возле Инкерманского автомобильного моста (44°36'17,2"N; 33°36'12,1"E). Этот мост официально считается границей Инкерманского ковша Севастопольской бухты и реки Черной [12]. Субстрат на этой станции мелкопесчаный с небольшой примесью маленьких камней. Станция 3 локализована в вершине Севастопольской бухты (44°36'28,4"N;

33°35'53,5"E). Дно здесь песчано-каменистое. В лабораторных условиях грунт промывали через сито размером ячеей 0,5 мм и отбирали макрозообентос. Представителей Mollusca идентифицировали, считали и взвешивали сразу, Annelida и Arthropoda фиксировали 4 % раствором нейтрализованного формалина и 75 % спиртом соответственно. Их определение, подсчет и взвешивание происходило позднее. Макрозообентос взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,001 г, потом рассчитывали численность и биомассу на м⁻², а также встречаемость (%). Классификацию макрофауны приводили в соответствии с мировым реестром морских видов World Register of Marine Species (www.marinespecies.org) [13]. Представителей Oligochaeta, Platyhelminthes и Chironomidae до вида не определяли, в подсчетах они фигурируют как один вид. Некоторые ювенильные моллюски рода *Tritia*, не определенные нами до вида, относятся или к *Tritia neritea* или к *T. pellucida*, также встреченные в пробах, поэтому в общее количество видов они не входят. Температуру воды измеряли термометром, а соленость – соленомером. Сообщества выделяли по индексу функционального обилия в выражении:

$$\text{ИФО} = N^{0,25} \times B^{0,75}, \quad (1)$$

где N – численность вида, экз. м⁻², B – биомасса вида, г м⁻² [14].

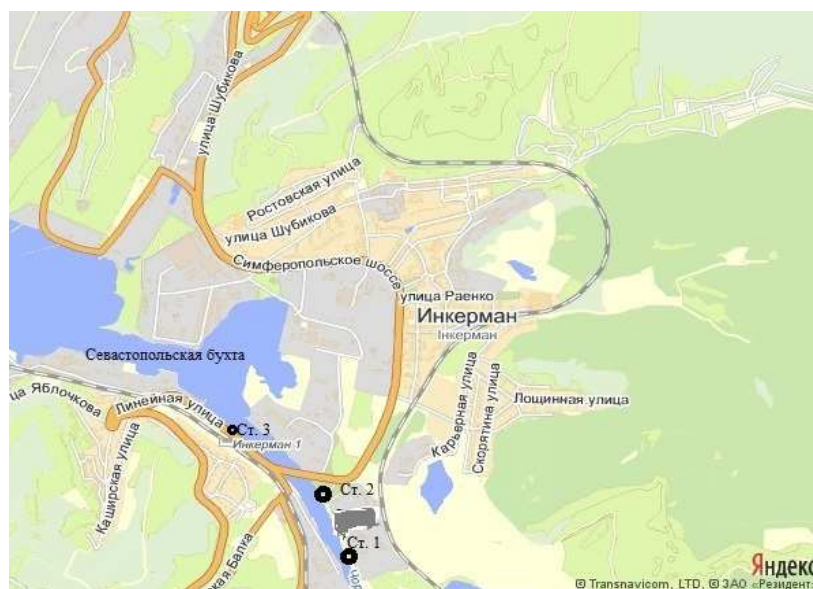


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб.

Для оценки выравненности видов в сообществах построены кривые доминирования-разнообразия, где ось абсцисс – ранжированный ряд от наиболее многочисленного вида к наименее многочисленному, а ось ординат – численность видов [15]. Оценку видового разнообразия проводили с помощью индекса Шеннона [16]. Расчет выполняли в приложении Diverse пакета PRIMER-5 (использован логарифм по основанию 2). Трофическую структуру макробентоса определяли по

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ...

[17–21]. Для оценки сложности трофической структуры сообществ рассчитан индекс однообразия пищевой структуры [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в период с ноября 2019 г. по сентябрь 2020 г. нами в исследованном районе обнаружено 38 видов макрозообентоса, относящихся к 5 типам: Cnidaria (1 вид), Platyhelminthes, Annelida (11 видов, из которых 10 видов Polychaeta, а также Oligochaeta), Mollusca (16 видов, из них 6 видов Bivalvia и 10 видов Gastropoda), Arthropoda (9 видов, среди них 8 видов Crustacea и 1 вид Insecta). По станциям они распределены неравномерно (табл. 1).

Таблица 1
Видовой состав, средняя численность (N, экз.·м⁻²), средняя биомасса (B, г·м⁻²) и встречаемость (P, %) донной макрофауны в устье реки Черной и вершине Севастопольской бухты

Вид	Ст. 1			Ст. 2			Ст. 3		
	N	B	P	N	B	P	N	B	P
CNIDARIA									
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	3	0,001	13	0	0	0
PLATYHELMINTHES									
S									
ANNELIDA									
Polychaeta									
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	103	0,249	63	59	0,057	75	44	0,008	63
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	131	0,002	63	72	0,002	63	13	0,001	63
<i>Exogone naidina</i> Örsted, 1845	0	0	0	0	0	0	6	0,001	13
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	50	0,001	38	13	0,001	25	0	0	0
<i>Microspio mecznikowiana</i> (Claparède, 1869)	0	0	0	3	0,001	13	0	0	0
Nereidae Johnston, 1865	0	0	0	0	0	0	3	0,003	13
<i>Notomastus lineatus</i> Claparède, 1869	0	0	0	6	0,001	25	0	0	0
<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)	0	0	0	0	0	0	3	0,001	13

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Spirorbis</i> sp.	0	0	0	9	0,001	25	3	0,001	13
<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840	0	0	0	41	0,001	13	6	0,001	13
Oligochaeta	16	0,001	25	0	0	0	0	0	0
MOLLUSCA									
Bivalvia									
<i>Abra segmentum</i> (Recluz, 1843)	138	13,134	75	259	13,081	63	41	1,278	38
<i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906)	0	0	0	9	0,609	25	0	0	0
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguere, 1789)	81	72,563	25	41	44,256	50	16	1,2	25
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	0	0	0	197	1,216	38	513	3,156	75
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	0	0	0	16	0,544	13	31	2,931	75
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	0	0	0	0	0	0	3	0,078	13
Gastropoda									
<i>Bela nebula</i> (Montagu, 1803)	0	0	0	0	0	0	3	0,005	13
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	0	0	0	0	0	0	84	0,981	75
<i>Limapontia capitata</i> (O. F. Muller, 1774)	0	0	0	6	0,006	25	0	0	0
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	169	0,363	75	534	1,375	88	734	1,67	88
<i>Parthenina interstincta</i> (J. Adams, 1797)	0	0	0	3	0,003	13	9	0,009	25
<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)	0	0	0	3	0,003	13	0	0	0
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)	0	0	0	6	0,022	25	0	0	0
<i>Tritia neritea</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	6	0,869	25	34	3,988	38
<i>T. pellucida</i> (Risso, 1826)	0	0	0	0	0	0	6	0,644	25
<i>Tritia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	9	0,444	38
<i>Setia turriculata</i> Monterosato, 1884	0	0	0	19	0,019	13	19	0,019	25

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ...

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ARTHROPODA									
Crustacea									
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	0	0	0	3	0,001	13	0	0	0
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931)	3	0,001	13	81	0,015	50	22	0,001	25
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966	0	0	0	13	0,005	25	56	0,004	13
Gammaridae Leach, 1813-1814	3	0,001	13	0	0	0	3	0,001	25
<i>Lekanesphaera hookeri</i> (Leach, 1814)	0	0	0	6	0,003	25	13	0,004	38
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	0	0	0	3	0,001	13	3	0,001	13
<i>Microdeutopus</i> <i>gryllotalpa</i> Costa, 1853	0	0	0	69	0,001	75	44	0,001	63
<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)	0	0	0	22	0,001	25	38	0,001	50
Insecta									
Chironomidae lar.	0	0	0	163	0,036	75	9	0,001	25

Минимальное количество видов (9) отмечено на станции 1. Это вероятно связано с пониженной соленостью на ней (в среднем 11,6‰). Большинство встреченных здесь видов эвригалитные и (или) легко выдерживают пониженную соленость. Так, *C. capitata* переносит колебания солености от 1 до 41,5‰, *H. filiformis* может выносить соленость 3‰, *A. segmentum* – от 3 до 30‰, *C. glaucum* – от 5 до 43‰, *H. acuta* – от 0,3 до 58‰, *G. aequicauda* – от 0,05 до 50‰ [21–23]. Полихета *C. capitata*, моллюски *A. segmentum*, *C. glaucum* и *H. acuta* к тому же предпочитают рыхлые грунты [20, 21, 24]. Ранее (в августе 2019 г.) нами здесь была встречена *P. interstincta* – редкий и малочисленный вид на рыхлых грунтах, больше предпочитающий твердые субстраты. На станции 2 несмотря на то, что соленость на ней в среднем лишь немного выше (12,2‰), чем на предыдущей станции и расстояние между ними небольшое, количество обнаруженных видов значительно больше – 28. Коэффициент общности видов Чекановского-Серенсена составил всего 0,38. По всей видимости, кроме солености здесь влияют и другие экологические факторы, в частности, более плотный субстрат – мелкий песок с примесью небольших камней. Также на станции 1 четче выражены сгонно-нагонные (приливно-отливные) явления, что может негативно сказываться на макрозообентосе. На станции 2 эти процессы заметно слабее. В данном месте отмечен двустворчатый моллюск *A. kagoshimensis* – относительно недавний вселенец в Черное море, впервые встретившийся в Севастопольской бухте в начале 2000-х гг. [25]. Также обнаружена гастропода *R. venosa*, тоже являющаяся

вселенцем. На станции 3 при средней солености 15,8 ‰ отмечено столько же видов (28), но состав немного другой. Коэффициент общности Чекановского-Серенсена составил 0,64. Только здесь отмечен достаточно редкий вид брюхоногих моллюсков *V. nebula*, а также некоторые другие.

Средняя численность макрозообентоса 1376 экз. м⁻². Она увеличивается по мере продвижения от реки к бухте. Минимум отмечен на станции 1 (694±13 экз. м⁻²). Здесь преобладает брюхоногий моллюск *H. acuta* (24 % от общей численности). Относительно много отмечено также двустворчатых моллюсков *A. segmentum* и полихет *C. capitata*. На станции 2 в устье реки средняя численность макробентоса гораздо выше – 1666±31 экз. м⁻². Здесь еще более доминирует *H. acuta* (32 %), но достаточно много обнаружено и других моллюсков – *A. segmentum* и *M. lineatus*. Митилястер – один из самых массовых видов двустворок в Черном море. Это эвригалинный вид. Он часто образует одноименные сообщества, особенно в обрастаниях твердых субстратов [21]. На станции 3 в вершине бухты средняя численность макрозообентоса немного выше – 1772±42 экз. м⁻². Еще больше преобладает *H. acuta* (41 %). Гидробия доминировала в вершине и другой бухты Севастополя – Казачьей [26].

Средняя биомасса донной макрофауны составила 54,905 г м⁻². Тенденции изменений средней биомассы отличаются от таковых для количества видов и численности. Так, минимальная биомасса отмечена на станции 3 – всего 16,47±0,3 г м⁻². Несколько преобладает брюхоногий моллюск *T. neritea* (24 % от общей биомассы). Немного меньше биомасса Mytilidae – *M. lineatus* и *M. galloprovincialis*. Биомасса крупного моллюска *C. glaucum* здесь небольшая, так как его было относительно мало. Максимальная биомасса донной макрофауны отмечена на станции 1 – 86,12±3,5 г м⁻². Здесь явно доминирует *C. glaucum* (84 %). Это эврибионтный вид [24]. На станции 2 средняя биомасса составила 62,12±2,2 г м⁻². Тут также значительно преобладает церастодерма, хотя и в несколько меньшей степени (71 %).

Таким образом, как по численности, так и по биомассе на всех станциях доминируют Mollusca. Доля остальных таксономических групп меньше, особенно в биомассе (что объясняется их мелкими размерами).

По частоте встречаемости преобладает *H. acuta* – 83 %. Ни один вид не был встречен во всех пробах, что, вероятно, связано с нестабильными условиями обитания.

По индексу функционального обилия на каждой станции выделены разные сообщества. Так, на станции 1 это сообщество двустворчатых моллюсков *C. glaucum* – *A. segmentum*, на станции 2 – только *C. glaucum*, на станции 3 также сообщество двустворчатого моллюска, но *M. lineatus*. Кривую доминирования-разнообразия применяли для оценки состояния сообществ: чем она более крутая, тем меньше общее разнообразие и сильнее доминирование одного или нескольких видов в сообществе (рис. 2).

Наиболее выровнены виды на станции 1, поскольку разница в их численности относительно небольшая. Поэтому и доминирование невысокое. Однако, и длина кривой маленькая, так как мало видов. На 2 и 3 станциях доминирование отдельных видов больше, но и сами кривые более длинные.

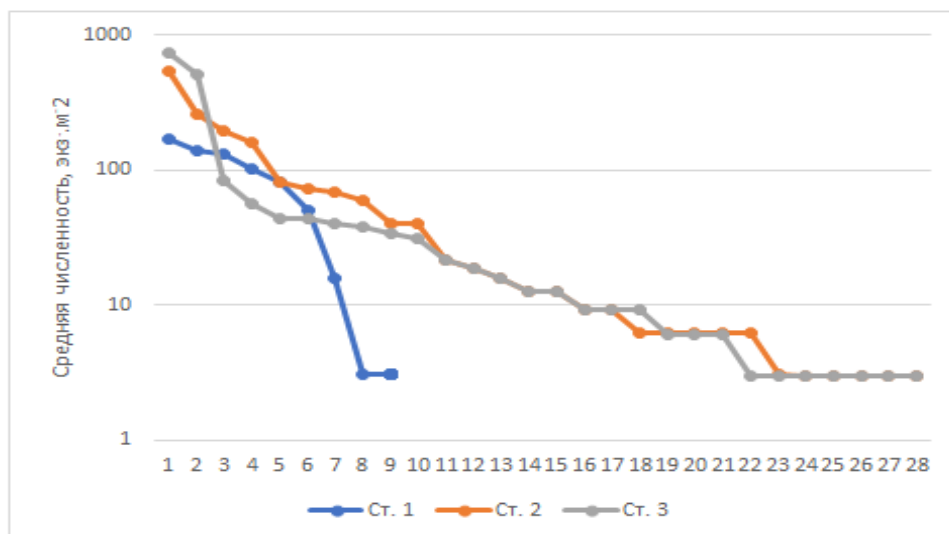


Рис. 2. Доминирование-разнообразие видов макрозообентоса.

Максимальный индекс Шеннона отмечен на станции 2 (2,798). На станции 1 и 3 эти показатели были немного ниже – 2,12 и 2,113 соответственно.

Таким образом, с некоторой осторожностью можно предположить, что на станциях 1 и 2 сообщества находятся в несколько более благоприятных условиях обитания, чем на станции 3.

В трофической структуре данных сообществ выделили 8 групп: детритофаги, сестонофаги, хищники, падальщики, эктопаразиты, фитофаги, полифаги и прочие (с неизвестным типом питания). По количеству видов в целом во всех 3 биоценозах преобладают полифаги – 11 видов, что составляет 29 % (рис. 3).

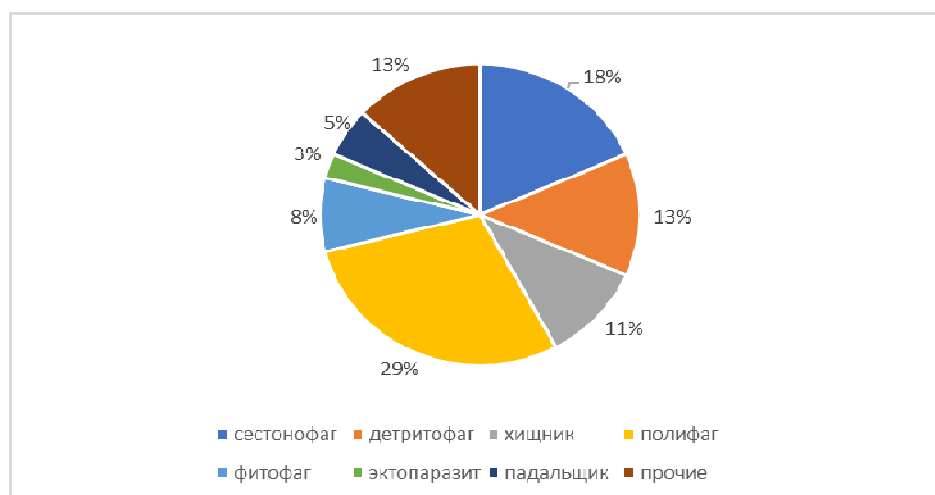


Рис. 3. Трофическая структура сообществ по количеству видов.

Основной вклад в группу полифагов вносят представители Annelida и Arthropoda. Также относительно высокая доля сестонофагов за счет *Bivalvia*.

По численности в целом доминируют детритофаги (699 экз.м⁻²), поскольку на рыхлых грунтах много детрита (рис. 4).

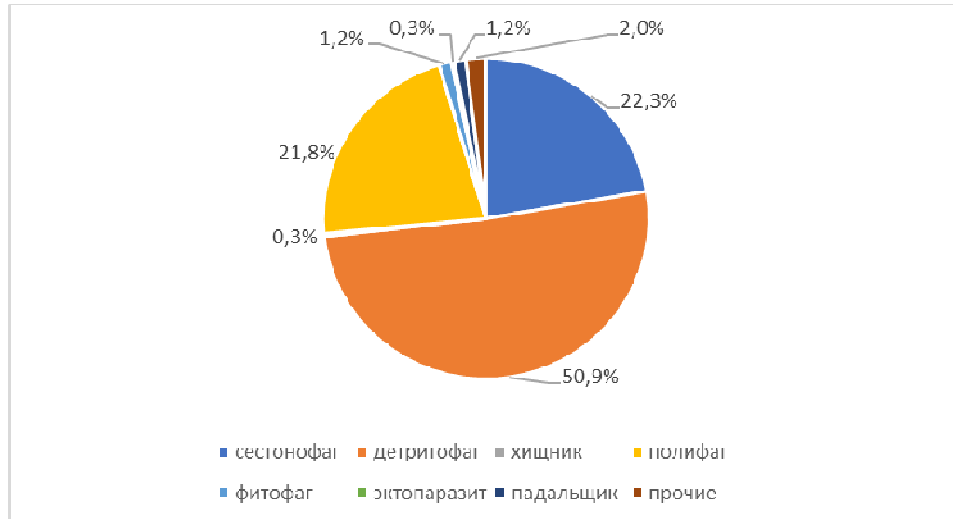


Рис. 4. Трофическая структура сообществ по численности.

Выделяется брюхоногий моллюск *H. acuta*. Он вносит наибольший вклад в численность детритофагов (69 %).

По биомассе в целом явно преобладают сестонофаги или фильтраторы – 42 гм⁻² (рис. 5).

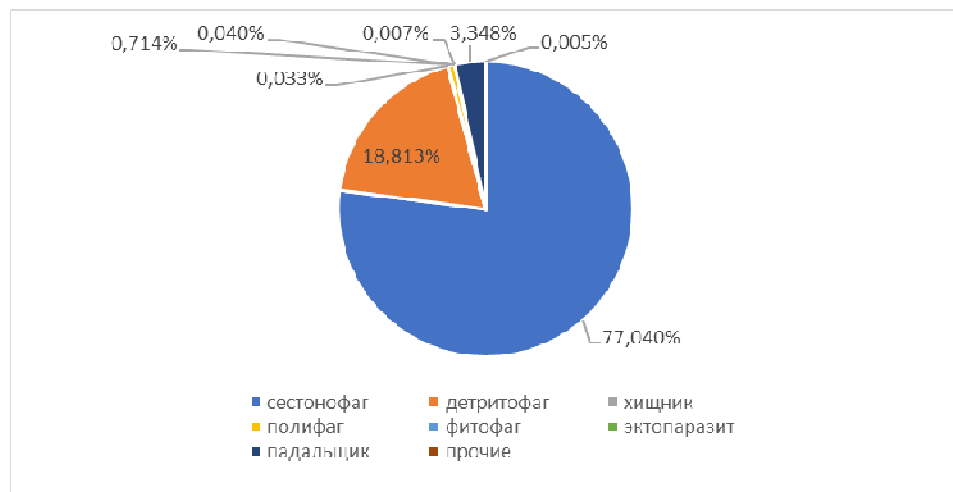


Рис. 5. Трофическая структура сообществ по биомассе.

Такое значительное преобладание сестонофагов обусловлено высокой биомассой крупных по размерам двустворчатых моллюсков-фильтраторов, особенно *S. glaucum*. Доля некоторых групп менее 1%. Индекс однообразия пищевой структуры составил 0,51, что говорит о разнообразной представленности трофических групп.

Таким образом, в трофической структуре всех исследованных здесь сообществ по количеству видов доминируют полифаги, по численности детритофаги, а по биомассе – сестонофаги.

В целом сезонный максимум численности макрозообентоса приурочен к началу лета (2029 экз.·м⁻²), а минимум к самому началу осени – 921 экз.·м⁻², однако на различных станциях есть отличия (рис. 6).

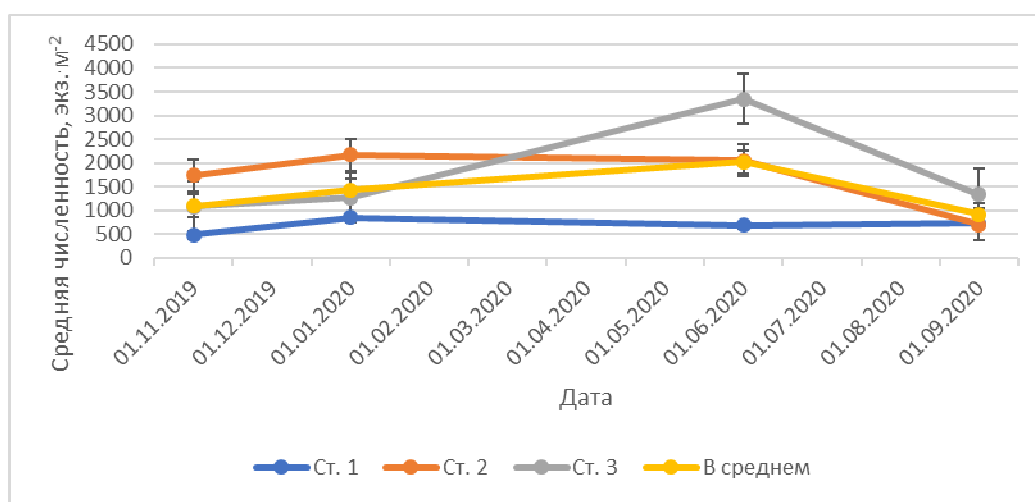


Рис. 6. Сезонная динамика численности макрозообентоса.

Так, на станциях 1 и 2 максимумы численности отмечены в январе 2020 г. за счет полихеты *S. capitata* и двустворчатого моллюска *A. segmentum*. Однако, на станции 1 сезонная динамика выражена слабо. Возможно, сезонные изменения температуры воды здесь играют несколько меньшую роль, чем на других станциях, а больше влияют другие экологические факторы, такие как соленость и сгонно-нагонные явления. На станции 3 пик численности макрозообентоса приходится на начало календарного лета (9 июня 2020 г.), однако, можно считать это еще гидрологической весной, так как температура воды составляла всего +20 °С. Максимум численности в данный период обусловлен высокими показателями брюхоногого моллюска *H. acuta*. Этот вид размножается весной [19]. Поэтому в начале лета гидробиология достигает большой численности. На станциях 1 и 2 *H. acuta* тоже встречена в максимальном количестве в июне, но более низкие показатели других видов не позволяют макрозообентосу быть на пике численности в данное время на этих станциях. В начале сентября, когда брали пробы (3.09.2020 г.),

температура воды была максимальной (+27–29 °С), т. е. это еще гидрологическое лето.

В сезонной динамике биомассы макрозообентоса, наоборот, в среднем минимум приходится на июнь (15,9 г·м⁻²), максимум – на начало сентября – 132,4 г·м⁻² (рис. 7).

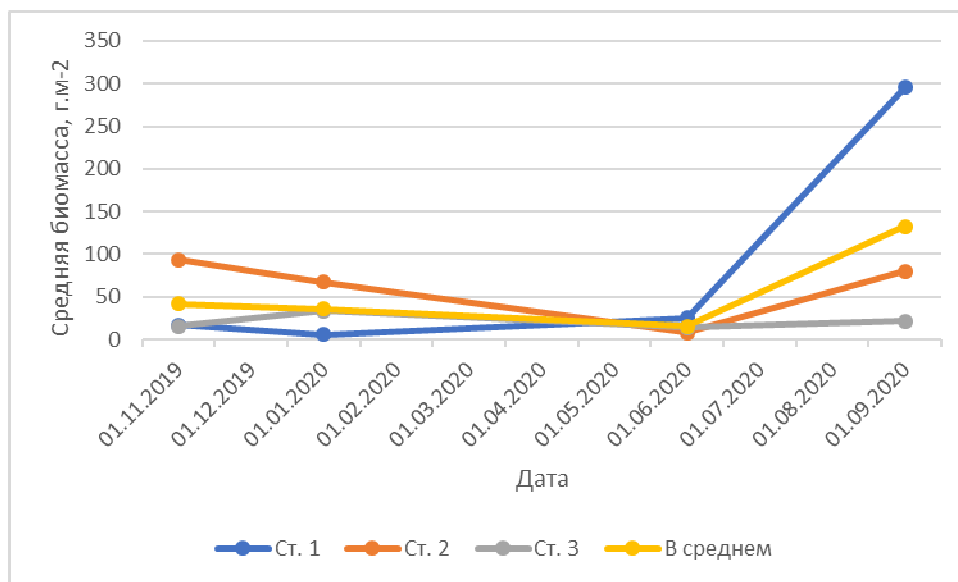


Рис. 7. Сезонная динамика биомассы макрозообентоса.

В июне минимум биомассы донной макрофауны отмечен на станциях 2 и 3. В это время биомасса *Vivalvia*, вносящих наибольший вклад в общую биомассу макробентоса, относительно невысока. В начале сентября пик данного показателя обусловлен вспышкой биомассы *C. glaucum*, особенно на станции 1. Это многолетний моллюск с длительным периодом размножения от зимних месяцев до июля-августа [21]. Небольшое повышение биомассы в ноябре на станции 2 связано с увеличением данного показателя *A. segmentum*.

В вершине Севастопольской бухты в районе причала ГРЭС в мае 2010 г. было отмечено 20 видов макрозообентоса с доминированием Mollusca – 9 видов [9], а в 2015–2016 гг. на глубинах 2,5–8 м отмечено 42 вида донной макрофауны, среди которых преобладали Polychaeta (17 видов). Максимальная численность наблюдалась весной, минимальная – в конце лета, т. е. как и в 2019–2020 гг., что, возможно, связано с выеданием хищниками. Наибольшая биомасса в 2015–2016 гг. была весной и осенью, наименьшая зимой [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые представлены данные о пространственном распределении макрозообентоса одновременно в устье реки Черной и вершине Севастопольской

бухты как в зависимости от изменений солености воды, так и во временном (сезонном) аспекте.

1. Всего обнаружено 38 видов, средняя численность которых составила 1376 экз.м⁻², средняя биомасса 54,9 гм⁻². По численности (479 экз.м⁻²) и встречаемости (83 %) преобладает брюхоногий моллюск *Hydrobia acuta*, по биомассе (39,34 гм⁻²) двустворчатый моллюск *Cerastoderma glaucum*.
2. Показано, что с увеличением солености количество видов и их численность увеличиваются, но биомасса уменьшается. Максимальная численность донной макрофауны отмечена в начале лета (2029 экз.м⁻²), минимальная – в самом начале сентября (921 экз.м⁻²). Наибольшая биомасса, наоборот, приходится на сентябрь (132,4 гм⁻²), наименьшая – на июнь (15,9 гм⁻²).
3. По индексу функционального обилия на разных станциях выделены сообщества двустворчатых моллюсков *Cerastoderma glaucum*–*Abra segmentum*, *Cerastoderma glaucum*, *Mytilaster lineatus*.
4. Трофическая структура сообществ разнообразна и включает в себя 8 групп. По количеству видов доминируют полифаги, по численности детритофаги, по биомассе сестонофаги-фильтраторы.

Работа выполнена по темам государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», тема № 0556-2021-0002, № гос. регистрации 121030100028-0, и «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем», тема № 0556-2021-0001, № гос. регистрации 121031500515-8.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают Благодарности м. н. с. отдела Экологической паразитологии ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ Ю. В. Белоусовой за помощь в отборе проб и м. н. с. отдела Физиологии животных и биохимии ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ В. П. Чекалову за определение солености.

Список литературы

1. Михайлов В. Н. Новый подход к определению и типизации эстуариев / В. Н. Михайлов, С. Л. Горин, М. В. Михайлова // География. Вестник Московского университета. – 2009. – № 5. – С. 3–11.
2. Овсяный Е. И. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты в условиях антропогенного воздействия (по наблюдениям 1998–1999 гг.) / Е. И. Овсяный, Р. Б. Кемп, Л. Н. Репетин, А. С. Романов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2000. – С. 79–103.
3. Иванов В. А. Морские устья рек Украины и устьевые процессы / В. А. Иванов, Р. Я. Миньковская – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2008. Часть 1. – 448 с.
4. Шутов Ю. И. Воды Крыма: Научно-популярный очерк / Ю. И. Шутов – Симферополь: Таврия, 1979. – 96 с.
5. Павлова Е. В. Современное состояние и тенденции изменения экосистемы Севастопольской бухты / Е. В. Павлова, Е. И. Овсяный, А. Д. Гордина и др. // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь, 1999. – С. 70–87.

6. Миньковская Р. Я. Эволюция морского устья реки Черной (Севастопольский регион) / Р. Я. Миньковская, А. Н. Демидов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2016. – № 1. – С. 82–89.
7. Макаров М. В. Сезонная изменчивость таксоцено Mollusca рыхлых грунтов контактной зоны реки Черной и Севастопольской бухты (Юго-Западный Крым) / М. В. Макаров // Экосистемы. – 2020. – Вып. 21. – С. 109–118. DOI 10.37279/2414-4738-2020-21-109-118.
8. Revkov N. K. Comparative analysis of long-term alteration in structural organization of zoobenthos under permanent anthropogenic impact (Case study: Sevastopol Bay, Crimea) / N. K. Revkov, A. N. Petrov, E. A. Kolesnikova, G. A. Dobrotina // Marine ecological journal. – 2008. – Vol. 3. № 7. – P. 37–49.
9. Витер Т. В. Донные сообщества в районе причалов бухты Голландия и в районе ГРЭС (бухта Севастопольская) / Т. В. Витер // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. – 2013. – Вып. 27. – С. 431–437.
10. Подзорова Д. В. Макрозообентос рыхлых грунтов в вершинной части Севастопольской бухты (юго-западный Крым, Чёрное море) / Подзорова Д. В., Макаров М. В. // X Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам водных экосистем (Севастополь, 11–16 сентября 2017 г.): тезисы докладов. – С. 162–165.
11. Макаров М. В. Новые данные по сезонной динамике качественного и количественного состава моллюсков в вершинной части Севастопольской бухты (Черное море) / М. В. Макаров // Ruthenica, Russian malacological journal. – 2018. – Vol. 28, No 4. – С. 157–162.
12. Болтачев А. Р. Особенности термохалинных параметров и ихтиоцено эстуария реки Чёрная (Севастопольская бухта) / А. Р. Болтачев, Е. П. Карпова, О. Н. Данилюк // Морской экологический журнал. – 2010. – Т. 9, №2. – С. 23–36.
13. World register of marine species. URL: <http://www.marinespecies.org>. [Accessed on 09.11.2021].
14. Мальцев В. И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов / В. И. Мальцев // Гидробиологический журнал. – 1990. – Т. 26, № 1. – С. 87–89.
15. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities / R. H. Whittaker // Science. – 1965. – Vol. 147. – P. 250–260.
16. Wilhm J. L. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents / J. L. Wilhm, T. C. Dorris // American midland Naturalist. – 1966. – 76 (2). – P. 427.
17. Грезе И. И. Амфиподы Черного моря и их биология / И. И. Грезе. – Киев: Наук. думка, 1977. – 156 с.
18. Киселева М. И. Бентос рыхлых грунтов Черного моря / М. И. Киселева. – Киев: Наукова думка, 1981. – 168 с.
19. Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей / М. И. Киселева. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. – 2004. – 409 с.
20. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря / В. Д. Чухчин. – Киев: Наукова думка, 1984. – 176 с.
21. Копий В. Г. Атлас обитателей псевдолиторали Азово-Черноморского побережья Крыма / В. Г. Копий, Л. В. Бондаренко / Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН. – Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ. – 2020. – 120 с.
22. Чухчин В. Д. Жизненный цикл и рост *Hydrobia acuta* (Drap) и *Hydrobia ventrosa* (Mont) в Черном море / В. Д. Чухчин // Биология моря. – 1976. – Вып. 37. – С. 85–90.
23. Макаров М. В. Распределение Mollusca в реке Черная (Юго-Западный Крым) / М. В. Макаров // Актуальные проблемы изучения черноморских экосистем – 2020 (Севастополь, 19–22 октября 2020 г.): тезисы докладов Всероссийской онлайн-конференции, Севастополь, Российская Федерация. – С. 53–54.
24. Давиташвили Л. Ш. Справочник по экологии морских двустворок / Л. Ш. Давиташвили, Р. Л. Мерклин – Москва: Наука. – 1968. – 178 с.
25. Ревков Н. К. Особенности колонизации Чёрного моря недавним вселенцем-двустворчатым моллюском *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae) / Н. К. Ревков // Морской биологический журнал. – 2016. – Т. 1, № 2. – С. 3–17.

26. Макаров М. В. Современное состояние малакофауны рыхлых грунтов в вершинной части бухты Казачьей (Черное море) / М. В. Макаров // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – Вып. 1. – С. 119–130.

**SPATIAL-TIME CHANGES IN THE MACROZOOBENTOS OF THE
CHERNAYA RIVER MOUTH AND THE TOP OF SEVASTOPOL'SKAYA BAY
(SOUTH-WEST CRIMEA)**

Makarov M. V., Viter T. V.

*Institute of biology of the southern seas, Sevastopol, Russia
E-mail: mihaliksevast@inbox.ru*

Data on spatial and seasonal distribution of benthic macroinvertebrate communities along a salinity gradient (in average from 11,6 to 15,8 ‰) both in Chernaya River estuary and Sevastopol Bay head on 3 stations on depth 0,1 m during in November 2019–September 2020 were obtained at first. A total of 24 quantitative benthic samples (8 at each station on 2 replicates in different months) were taken.

A total of 38 macrozoobenthos species, belonging to 5 phylums: Cnidaria, Platyhelminthes, Annelida (11 species), Mollusca (16 species) and Arthropoda (9 species) were identified. Macrozoobenthos was distributed unevenly across the stations. Number of species increased with the increasing salinity from Chernaya River estuary to Sevastopol Bay head. So, the lowest number of species (only 9) was found at the station 1 in River Chernaya, perhaps due to low salinity and surge (tidal) phenomena. The majority of species found here were euryhaline and (or) can easily withstand reduced salinity. The highest number of species was found at station 2 at the mouth of River Chernaya and at station 3 at the head of Sevastopol Bay. 28 species were found on each of those stations, but their species compositions were slightly different. The Chekanovsky-Sorensen similarity index was 0,64. For example, 2 species – bivalve *Anadara kagoshimensis* and gastropod *Rapana venosa* – were registered only at the station 2, and another rather rare species of gastropod *Bela nebula* was found only at station 3.

The mean abundance was 1376 ind.m⁻² and the mean biomass was 54,9 g.m⁻². The phylum Mollusca dominated by both abundance and biomass at all stations. So, gastropod *Hydrobia acuta* dominated by occurrence (83 %) and abundance (479 ind.m⁻²), but bivalve *Cerastoderma glaucum* prevailed by biomass (39,34 g.m⁻²). The abundance of benthic organisms increased with the increasing salinity from Chernaya River estuary to Sevastopol Bay head while biomass decreased. The lowest abundance (only 694 ind.m⁻²) was registered at the station 1, and the highest (1772 ind.m⁻²) was at the station 3. The highest biomass (86,12 g.m⁻²) was registered on the contrary at the station 3, the lowest (only 16,47 g.m⁻²) – at the station 1.

If regarding seasonal dynamics, the highest abundance and biomass of bottom macrofauna were registered in June (2029 ind.m⁻²) at a water temperature of +20 °C (hydrological spring) mainly due to great amount of gastropods *H. acuta*, and in early September (132,4 g.m⁻²) at a water temperature of +27–29 °C (hydrological summer)

mainly due to a great amount of *C. glaucum*, especially at the station 1, and due to gastropod *Tritia reticulata* at the station 3 respectively. However, the lowest quantitative characteristics of abundance (only 921 ind.m⁻²) and biomass (only 15,9 g m⁻²) were registered in contrast in early September and in June respectively.

Different communities were identified according to the functional abundance index at each station. A total of three bivalve communities were registered – the *Cerastoderma glaucum*-*Abra segmentum* community (at the station 1), the *Cerastoderma glaucum* community (at the station 2) and the *Mytilaster lineatus* community (at the station 3). The highest value of Shannon's index was recorded at the station 2 (2,798).

In all communities eight major trophic groups of aquatic organisms were identified: detritus feeders, seston feeders, predators, scavengers, ectoparasites, phytophages, polyphages and others (with an unknown type of feeding). The polyphages prevailed by the number of species (11 species or 29 %). The main contribution to the percent composition of polyphages was made by species belonging to phylums Annelida and Arthropoda. The detritus feeders dominated by the abundance (699 ind.m⁻² or 51 %) mainly due to *H. acuta*. The seston-feeders prevailed by biomass (42,18 g m⁻² or 77 %) mainly due to *C. glaucum*. The value of the uniformity index of the food structure was 0,51. It indicated the presence of a large variety of trophic groups.

Keywords: distribution, salinity, bottom macrofauna, abundance, biomass, occurrence, communities, trophic structure, seasonal dynamics.

References

1. Mikhailov V. N., Gorin S. I., Mikhailova M. V. New approach to the definition of estuaries and to their typology, *Moscow University Geography Bulletin*, **5**, 3 (2009).
2. Ovsyany E. I., Kemp R. B., Repetin L. N., Romanov A. S. Hydrological and hydrochemical regime of the Sebastopol Bay under influence of anthropogenic factors (on observations of 1998–1999 yrs), *Ecological safety of coastal and shelf zones*, **1**, 79 (2000).
3. Ivanov V. A., Min'kovskaya R. Ya. *Sea estuaries of the rivers of Ukraine and estuarine processes*, 448 (Sevastopol : MHI NASU, 2008). Part 1, 448 p.
4. Shutov Yu. I. *Waters of the Crimea: Popular Science Essay*, 96 (Simferopol : Tavriya, 1979).
5. Pavlova E. V., Ovsyany E. I., Gordina A. D. et al. The current state and trends in Sebastopol Bay ecosystem, *Sevastopol aquatory and coast: ecosystem processes and services for human society*. (Sevastopol, 70–87, 1999).
6. Minkovskaya R. Ya., Demidov A. N. Evolution of marine mouth of the Chernaya river (Sevastopol region), *Ecological safety of coastal and shelf zones*, **1**, 82 (2016).
7. Makarov M. V. Seasonal changes of mollusca taxocene on soft sediments in the river-sea contact zone at the mouth of the Chernaya river and corner part of the Sebastopol Bay (South-Western Crimea), *Ecosystems*, **21**, 109 (2020). DOI 10.37279/2414-4738-2020-21-109-118.
8. Revkov N. K., Petrov A. N., Kolesnikova E. A., Dobrotina G. A. Comparative analysis of long-term alteration in structural organization of zoobenthos under permanent anthropogenic impact (Case study: Sebastopol Bay, Crimea), *Marine ecological journal*, **3** (7), 37 (2008).
9. Viter T. V. Benthic communities in Gollandiya Bay and in SDPS region, *Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources*, **27**, 431 (2013).
10. Podzorova D. V., Makarov M. V. Macrozoobenthos organisms of soft bottom sediments in Sevastopolsaya Bay head (South-Western Crimea, the Black Sea), *Proceedings of X all-Russian scientific and applied conference of young scientists on the water system problems* (Sevastopol, september, 11–16, 2017), 162–165.

11. Makarov M. V. The new data on seasonal dynamics of species composition, abundance and biomass of Mollusca in the corner part of the Sevastopol Bay (the Black Sea), *Ruthenica, Russian malacological journal*, **28** (4), 157 (2018).
12. Boltachev A. R., Karpova E. P., Danilyuk O. N. Peculiarities of thermohaline parameters and ichthyocenosis of the Chernaya river estuary (the Sevastopol Bay), *Marine ecological journal*, **9** (2), 23 (2010).
13. World register of marine species. URL: <http://www.marinespecies.org>. [Accessed on 09.11.2021].
14. Maltsev V. I. About possibility of use data of functional abundance for structure investigations of zoocenosis, *Hydrobiological journal*, **26** (1), 87 (1960).
15. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities, *Science*, **147**, 250 (1965).
16. Wilhm J. L., Dorris T. C. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents, *American midland Naturalist*, **76** (2), 427 (1966).
17. Greze I. I. *Amphipods of the Black Sea and their biology*, 156. (Kiev: Naukova dumka, 1977).
18. Kiseleva M. I. *Benthos of soft sediments of the Black Sea*, 168. (Kiev: Naukova dumka, 1981).
19. Kiseleva M. I. *Polychaeta of the Black and Azov seas*, 409 (Apatity: published by Kola scientific center RAS, 2004).
20. Chukhchin V. D. *Ecology of Gastropod Molluscs of the Black Sea*, 176 (Kiev: Naukova Dumka, 1984).
21. Kopyi V. G., Bondarenko L. V. *Atlas of the inhabitants of the pseudo-littoral of the Sea of Azov - Black Sea coast of Crimea*, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, 120 (Sevastopol: IBSS, 2020).
22. Chukhchin V. D. Life cycle and growth of *Hydrobia acuta* (Drap) and *Hydrobia ventrosa* (Mont) in the Black Sea, *Biologiya Morya*, **37**, 85 (1976).
23. Makarov M. V. The distribution of Mollusca in the Chernaya river (South-Western Crimea), *Abstracts of all-russian online conference "Actual problems of research of Black Sea ecosystems"*, 53 (Sevastopol, 2020).
24. Davitashvili L. Sh., Merklin R. L. (Eds.). *Handbook of the ecology of marine bivalves*, 178. (Moscow: Nauka, 1968).
25. Revkov N. K. Colonization's features of the Black Sea basin by recent invader *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae), *Marine Biological Journal*, **1** (2), 3 (2016).
26. Makarov M. V. The current state of malacofauna at soft bottoms in the Kazachya Bay head (the Black Sea), *Ecological safety of coastal and shelf zones*, **1**, 119 (2020).